



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

IMPLANTACIÓN DE SISTEMA AUTOMÁTICO DE  
ALIMENTACIÓN EN EXPLOTACIÓN OVINA

DOCUMENTO N°1: MEMORIA

Alumno: Jon Cabodevilla Olo

Tutor: María Jesús Vilas

Pamplona, Septiembre 2013



## 1.- MEMORIA

### ÍNDICE:

1.- Antecedentes: .....	4
1.1.- Promotor: .....	4
1.2.- Motivación del proyecto: .....	4
2.- Objeto del proyecto: .....	5
3.- Condicionantes del promotor: .....	6 – 13
3.1.- Localización: .....	6
3.2.- Accesos y distancias a puntos de interés: .....	6 – 7
3.3.- Conexiones a los servicios generales: .....	7 – 9
3.3.1.- Instalación eléctrica: .....	7
3.3.2.- Instalación de agua: .....	8
3.3.3.- Instalación neumática: .....	9
3.3.4.- Instalación de telecomunicaciones: .....	9
3.4.- Programa de necesidades: .....	10 – 13
4.- Alternativas propuestas: .....	14 – 43
4.1.- Diseño de los sistemas: .....	14 – 35
4.1.1.- Sistema de captación: .....	14 – 28
Apartado nº1: alimentación de fibra .....	14 – 17
Apartado nº2: almacenamiento en silos de grano y pienso .....	18 – 23
Apartado nº2.1.: descarga del grano o pienso .....	18 – 20
Apartado nº2.2.: elevación del grano o pienso .....	20 – 21
Apartado nº2.3.: llenado de silos .....	22 – 23
Apartado nº3: alimentación de grano y pienso .....	24 – 25
Apartado nº4: toma de fuerza del carro mezclador .....	26
Apartado nº5: transmisión de la potencia .....	27 – 28
4.1.2.- Sistema de distribución: .....	29 – 34
Apartado nº1: distribución de la mezcla .....	29 – 30
Apartado nº2: acometida a los comederos existentes .....	31 – 32
Apartado nº3: expulsión de la mezcla .....	33 – 34
4.1.3.- Sistema de recogida: .....	35
4.2.- Ubicación de todo el sistema de alimentación: .....	36 – 38





4.3.- Diseño de la nave nueva:.....	39 – 43
Apartado nº1: tipo de estructura .....	39
Apartado nº2: unión con la nave de ovejas .....	40
Apartado nº3: tipo de pórticos .....	41
Apartado nº4: tipo de ventilación .....	42
Apartado nº5: tipo cerramientos (cubierta y fachada) .....	43
5.- Justificación de la solución adoptada: .....	44 – 69
5.1.- Diseño de los sistemas: .....	44 – 58
5.1.1.- Sistema de captación: .....	44 – 53
Apartado nº1: alimentación de fibra .....	44 – 46
Apartado nº2: almacenamiento en silos de grano y pienso .....	46 – 50
Apartado nº2.1.: descarga del grano o pienso .....	46 – 47
Apartado nº2.2.: elevación del grano o pienso .....	48
Apartado nº2.3.: llenado de silos .....	49 – 50
Apartado nº3: alimentación de grano y pienso .....	50 – 51
Apartado nº4: toma de fuerza del carro mezclador .....	52
Apartado nº5: transmisión de la potencia .....	53
5.1.2.- Sistema de distribución: .....	54 – 56
Apartado nº1: distribución de la mezcla .....	54
Apartado nº2: acometida a los comederos existentes .....	55
Apartado nº3: expulsión de la mezcla .....	56
5.1.3.- Sistema de recogida: .....	57
5.1.4.- Resumen de las alternativas seleccionadas: .....	58
5.2.- Ubicación de todo el sistema de alimentación: .....	59
5.3.- Zona de la oficina: .....	60
5.4.- Distribución en planta: (todas las maquinas, radios de giro, puertas,) .....	61 – 62
5.5.- Diseño de la nave nueva: .....	63 – 64
Apartado nº1: tipo de estructura .....	63
Apartado nº2: unión con la nave de ovejas .....	63
Apartado nº3: tipo de pórticos .....	64
Apartado nº4: tipo de ventilación .....	64
Apartado nº5: tipo cerramientos (cubierta y fachada) .....	64
5.6.- Funcionamiento: .....	65 – 69



6.- Descripción constructiva: .....	70 – 81
6.1.- Descripción de la nave proyectada: .....	70
6.2.- Elementos y sistemas constructivos: .....	71 – 79
6.2.1.- Movimiento de tierras: .....	71
6.2.2.- Urbanización: .....	71
6.2.3.- Saneamientos: .....	71 – 72
6.2.4.- Pluviales: .....	72
6.2.6.- Cimentación: .....	72 – 73
6.2.7.- Estructura: .....	73 – 75
6.2.8.- Cubierta: .....	76
6.2.9.- Fachada: .....	76
6.2.10.- Solera: .....	77 – 78
6.2.11.- Drenaje del agua de la piqueta .....	78
6.2.12.- Compartimentación, albañilería y carpintería: .....	78 – 79
6.2.12.1.- Compartimentación y albañilería: .....	78
6.2.12.2.- Carpintería: .....	79
6.2.13.- Pintura y acabados: .....	79
6.3.- Conexión a las redes disponibles: .....	80 – 81
6.3.1.- Electricidad: .....	80
6.3.2.- Agua: .....	81
6.3.3.- Aire comprimido: .....	81
7.- Incendios: .....	82 – 83
8.- Normativa de aplicación: .....	84
9.- Resumen de presupuesto: .....	85 – 87
10.- Anexo memoria I: Bibliografía: .....	88 – 89



## **1.- ANTECEDENTES:**

### **1.1.- PROMOTOR:**

S.C.L. NEBIN

proyecta implantar un sistema automático de alimentación para ovino debido a las motivaciones que más adelante se exponen.

Actualmente los promotores poseen una explotación de ovino de carne en Tabar que dispone de todas las licencias pertinentes y que consta básicamente de una nave de ganado de 3.240 m<sup>2</sup> (90m x 36m) y dos almacenes de 1.206m<sup>2</sup> (54.5m x 21.5m) cada uno.

Por todo ello, S.C.L. NEBIN encarga al ingeniero Mecánico Jon Cabodevilla Olo, la redacción del presente proyecto técnico, con el fin de poder comenzar los trámites necesarios para la correcta consecución de la obra.

### **1.2.- MOTIVACIÓN DEL PROYECTO:**

El presente trabajo viene motivado por la necesidad de cubrir las necesidades de alimentación del ovino propias de la explotación, que obliga a que actualmente haya que preparar y distribuir la comida y recogerla manualmente.

## 2.- OBJETO DEL PROYECTO:

Con este proyecto lo que se quiere conseguir es diseñar un sistema totalmente automático, que mediante un autómatas programable, prepare, distribuya y recoja toda la comida de las ovejas diariamente.

Además de esto, será necesario, definir las características constructivas y estructurales que permitan la ejecución de una nave para situar el sistema automático de alimentación.

En la actualidad, en esta explotación de ovino, se está empleando alrededor de 3 horas diarias preparando, repartiendo y recogiendo la comida de las ovejas.

Este sistema, logrará reducir la jornada del operario en 3 horas, proporcionándole mejor calidad de vida al no tener que realizar ese trabajo físico que conlleva la alimentación de los animales y tendrá más tiempo para el ocio.

Además de esta reducción de jornada, la alimentación de las ovejas mejoraría sustancialmente, ya que al estar todo el sistema automatizado, no se cometerían errores de pesada o desviaciones en la distribución. Esto daría lugar a una dieta mucho más equilibrada, lo cual es primordial a la hora de trabajar con rumiantes.



Esta es una imagen de la actual infraestructura de la nave de las ovejas, lo que se pretende es aprovechar todos o casi todos los sistemas ya existentes, para ahorrar costes y diseñar los nuevos mecanismos de forma que no se entorpezca la actividad cotidiana dentro de la nave.



### **3.- CONDICIONANTES:**

#### **3.1.- LOCALIZACIÓN:**

La nave nueva que se va a construir, dentro de la cual estará situado todo el sistema automático de alimentación, se ubica en el término de Tabar - Urraul Bajo (Navarra). De acuerdo con la célula parcelaria (Ver plano N°1 situación y emplazamiento), se encuentra referenciada como Parcela 90 del Polígono 3 del paraje Txipua. Esta parcela tiene una edificación destinada a ganado, y a esta edificación es a la que se va a adosar la nave nueva.

Por otro lado, tanto la nave de ganado, como el almacén (polígono 3 parcela 89), se integran dentro de la Subunidad 94 C del polígono 3, que cuenta con una superficie total de 22.478,48 m<sup>2</sup> que se catalogan como Suelo Improductivo.

Los lindes de la Subparcela 94 C del polígono 3 son:

Norte: Camino de acceso.

Sur: Subparcela 94 D del polígono 3.

Sur: Subparcela 94 D del polígono 3.

Sur: Subparcela 94 D del polígono 3.

#### **3.2.- ACCESOS Y DISTANCIAS A PUNTOS DE INTERÉS:**

El acceso se realiza a través de una pista de zahorras que parte del casco urbano de Tabar, del cual dista 960m. Ver plano n°1: Situación y Emplazamiento.

La ubicación donde se emplaza la explotación cumple con todas las distancias que marca el Decreto Foral 148/2003.

	Distancia real
A casco urbano	960 m
A casco de agua	850 m al Rio Irati
A carreteras	500m
A pozos y manantiales	No hay en la proximidad
A espacios protegidos y parques recreativos	No hay en la proximidad

### 3.3.- CONEXIONES A LOS SERVICIOS GENERALES:

#### 3.3.1.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA:

En la actualidad la explotación cuenta con red eléctrica propia. Existe una potencia contratada de 45KW, que se emplea para el accionamiento de un compresor, para los motores que mueven las cintas transportadoras de la comida de las ovejas y para las luminarias.

El suministro de energía se consigue gracias a una acometida de la línea general (a la altura del punto nº1) tal y como podemos observar en la imagen nº1. En el (punto 1) está situada la caseta de transformador y a partir de esta se distribuye subterráneamente hasta la caseta del compresor (punto nº2), donde está el generador por si algún día se va la luz. Una vez pasada la caseta del compresor y generador, el cableado prosigue subterráneamente hasta el cuadro general de la nave de las ovejas (punto nº3).

(Imagen Nº1)

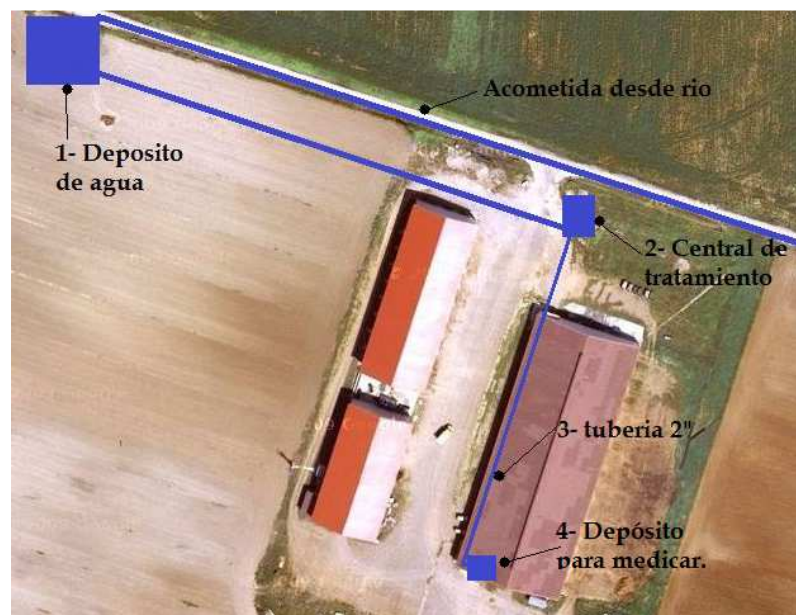


### 3.3.2.- INSTALACIÓN DE AGUA:

Actualmente la explotación cuenta con red de agua propia. Esta agua se emplea para limpieza, preparación del alimento e ingesta por parte de las ovejas.

El suministro de agua se consigue bombeando esta desde el Río Irati, que se encuentra a 850 m de distancia de la explotación, mediante una central de bombeo situada en la orilla del río. Esta central de bombeo transporta el agua desde el río hasta un depósito de agua (numero 1) como se puede observar en la imagen nº2. Este depósito se encuentra a una cota superior a cualquier punto de la nave. Desde el depósito se canaliza el agua hasta una pequeña central de tratamiento de agua (numero 2) y a partir de esta se distribuye a través de una tubería de 2" pulgadas (numero 3) a través de toda la nave. Esta tubería llena un depósito (numero 4) de unos 1000 litros de capacidad que se usa para medicar el agua de los bebederos y de vez en cuando para medicar el agua que se usa para aglutinar la mezcla de comida.

(Imagen Nº2)





### 3.3.3.- INSTALACIÓN NEUMÁTICA:

En la actualidad la explotación cuenta con una caseta donde está instalado un compresor industrial. Este compresor alcanza una presión máxima de 15 bares. El compresor se emplea para el mantenimiento y engrasado de toda la maquinaria agrícola de la explotación.

El suministro de aire comprimido se consigue gracias al compresor antes nombrado, el cual está situado en el interior de la caseta (numero 1) de la imagen N°3 y desde esta caseta el aire comprimido es transportado subterráneamente hasta la nave de las ovejas, mediante manguera neumática. El enganche para sistemas neumáticos (numero 2) está situado cerca del cuadro eléctrico general, y en él desemboca la manguera neumática que salía desde la caseta del compresor. En este punto hay una toma de aire comprimido que se emplea para usos varios como el soplado del polvo de los equipos eléctricos, accionamiento de herramienta neumática y limpieza de los operarios mediante soplado.

(Imagen N°3)



### 3.3.4.- INSTALACIÓN DE TELECOMUNICACIONES:

La explotación cuenta con una acometida desde la línea general de telecomunicaciones hasta el interior de la nave de las ovejas. Su localización es la misma que el cuadro general (numero 3) de la imagen N°1.





### 3.4.- PROGRAMA DE NECESIDADES:

El promotor plantea las siguientes 14 necesidades que se deben cumplir.

1. **El carro mezclador de comida ha de ser el existente en la explotación y debe ser móvil.** Es decir, deben diseñarse todos los sistemas, teniendo en cuenta que el modelo de carro mezclador esta predefinido. Además debe tener la posibilidad de engancharse al cardan de un tractor y sacarlo de su ubicación para poder llevarlo a cualquier sitio de la explotación. Así, dado el caso, se podrá repartir la comida de forma manual, tal y como se hace actualmente.

El motivo de esta necesidad exigida por el promotor es una medida de seguridad, ya que si en algún momento el sistema que prepara la comida o el que la distribuye se avería, las ovejas se quedarían sin su comida y según la gravedad de la avería la alimentación estaría imposibilitada durante días. Eso es inadmisibile, por lo tanto al tener la posibilidad de sacar el carro mezclador mediante un tractor y repartir la comida de forma manual, la explotación estará siempre posibilitada para dar de comer a las ovejas, que al fin y al cabo es lo más importante a la hora de trabajar con animales. Esta necesidad principal origina 3 necesidades más.

2. **La nave tiene que tener una puerta exclusivamente para sacar y meter el carro mezclador.** Para que en el caso en el que hubiese una avería en el sistema que prepara la comida o en el que la distribuye, se pudiesen meter un tractor, enganchar el carro y sacar y meter todo el conjunto por esa puerta sin maniobras complicadas que pudiesen llegar a producir golpes y averías en las instalaciones.
3. **El espacio comprendido entre el enganche del carro mezclador y la puerta, debe estar libre de obstáculos.** Esto significa, que no puede haber ningún elemento que entorpezca la maniobra de salida y de entrada a la nave, del conjunto (carro + tractor). Por lo tanto el motor que necesariamente debe colocarse para accionar el carro mezclador, tendrá que ser fácilmente acoplable y desacoplable al cardan del carro mezclador y debe de estar dispuesto de manera que no obstruya el transito o instalado con un mecanismo que permita apartarlo en el momento de la maniobra para sacar y meter el carro con el tractor.



**4. La cinta que distribuye la comida a lo largo de la nave, debe ser diseñada de manera que no entorpezca el actual método manual de distribución de comida.**

Es decir, que el sistema automático de distribución de comida no debe entorpecer las labores cotidianas de la nave (limpieza de estiércoles, cambio de lotes...) y lo más importante, tiene que estar diseñado para permitir repartir la comida de forma manual mediante el carro arrastrado por el tractor, en el caso de avería del sistema automático.

A partir de este punto se prosigue con las necesidades establecidas por el promotor.

**5. El sistema automático que prepara la comida debe de ser autosuficiente un**

**mínimo de 2 días.** Teniendo en cuenta que la única materia prima condicionante de esta necesidad es la fibra (paja de trigo, cebada...), ya que el gasto diario del resto de materias primas (pienso, correctores, grano o cereal y agua) es muy inferior a la cantidad que se puede almacenar, y sabiendo que el gasto máximo diario de fibra es de 4 pacones (1200 kg), tendremos que diseñar el sistema para que pueda alimentar un total de 8 pacones de fibra de manera autónoma al carro mezclador.

**6. La pala cargadora debe tener espacio suficiente para cargar el carro**

**mezclador con el cazo de alto volteo.** Esto significa que el operario debe tener espacio suficiente (Aproximadamente 3 m) para intervenir en la composición de la dieta, en el supuesto de que fuese necesario, añadiendo cualquier tipo de alimento, utilizando la pala cargadora que existe en la explotación.

**7. El sistema automático para prepara la comida debe contar con 3 silos para grano (cada uno de 20m<sup>3</sup>) que se puedan rellenar fácilmente utilizando los**

**remolques con los que cuenta la explotación.** Es decir, que debe haber un silo para maíz, un silo para cebada y otro para cualquier urgencia. Además de esto el promotor exige que se puedan rellenar los silos directamente basculando los remolques con los que cuenta la explotación en algún tipo de piquera o foso y así evitar intermediarios y aprovechar la maquinaria ya existente.



- 8. La nave debe tener dos puertas (además de la puerta para el carro mezclador), destinadas a la entrada y salida de los tractores y camiones.** Estas dos puertas se colocan porque la maniobra de un tractor con un remoque en un sitio cerrado, sobretodo marcha atrás, es muy complicada. Estas dos puertas debidamente situadas, permiten que cualquier tipo de remolque y tractor pueda entrar, descargar y salir sin ningún tipo de problema ni maniobra complicada, esto es muy beneficioso, ya que las descargas con tractores las van a efectuar diferentes personas y muchas de ellas serán gente inexperta, con lo que eliminado maniobras complicadas, se evitara muchos daños a la infraestructura.
- 9. El sistema automático para preparar la comida debe contar con 3 silos para pienso (cada uno de 20m<sup>3</sup>) y que se puedan rellenar fácilmente mediante camiones sinfín.** Esto implica que debe haber espacio suficiente dentro de la nave para que el camión entre, relleno los silos y salga de la nave sin realizar maniobras complicadas. Ya que de lo contrario la experiencia nos dice que tarde o temprano el camino sinfín o el tractor que carga los silos cometerá algún error a la hora de maniobrar y causara daños a la instalación.
- 10. Es necesario que se pueda sacar la comida del carro mezclador y echarla en algún lugar de fácil acceso para manipularla con la pala cargadora.** Esta necesidad viene de la posibilidad de que se produzca un error en la preparación de la dieta y la comida no sea la adecuada. Por lo tanto habrá que retirarla del sistema de alguna manera y depositarla en algún lugar donde la pala cargadora pueda recogerla y hacer con la comida defectuosa lo que en cada caso corresponda (tirarla, reciclarla, utilizarla de cama...)
- 11. Es necesario contar con un pequeño stock de fibra, dentro de la nave.** El promotor quiere contar con espacio suficiente dentro de la nave nueva para poder almacenar cerca de 40 paques de paja y otros 40 de festuca, para tenerlas muy a mano a la hora de alimentar las cargadoras (picadoras) de fibra que alimenta el carro mezclador. De esta manera se evitarán viajes innecesarios hasta el almacén de paja con el que cuenta la explotación.



- 12. Las alimentadoras de fibra que llevan los pacones al carro mezclador, deben poderse cargar fácilmente mediante la pala cargadora existente en la explotación.** Este punto es muy importante, porque la operación de cargado de pacones en las alimentadoras de fibra, va a ser la actividad que más se desarrolle dentro de la nave nueva (cada 2 días mínimo), por lo tanto tiene que poder realizarse de manera muy sencilla y ergonómica.
- 13. El tractor que en la actualidad mueve el carro mezclador, debe estar en todo momento disponible para otros usos en la explotación.** Es decir que el promotor quiere tener ese tractor totalmente disponible a cualquier hora del día.
- 14. Es necesario construir una pequeña oficina en el exterior de la nave, adosado a la nave nueva.** Esta oficina debe disponer de entrada desde el exterior y entrada desde el interior de la nave nueva. Además necesita un cuarto de unos  $16\text{m}^2$  para los trabajos administrativos, otro segundo cuarto de unos  $10\text{m}^2$  para situar el autómata que controlara el sistema automático y un baño de unos  $5\text{m}^2$ .
- 15. Es condición necesaria que todos los sistemas tengan todos los elementos bajo techo.** Es decir ningún tubo, cinta, silo o cualquier parte de cualquier maquina puede quedar desprotegido fuera de las naves. Esto se debe a que el promotor no quiere que los cerramientos tengan más agujeros al exterior de los necesarios. Esto se debe a que al final siempre producen humedades, a que no quiere que los sistemas estén a la intemperie y también debido a la estética.

## 4.- ALTERNATIVAS PROPUESTAS:

### 4.1.- DISEÑO DE LOS SISTEMAS:

#### 4.1.1.- SISTEMA DE CAPTACIÓN:

En este apartado se va a describir brevemente las alternativas que se han estudiado para cada uno de los apartados que forman el sistema de captación de la materia prima, de esta manera, y conociendo todas las posibles opciones, se puede elegir la más correcta para este proyecto valorando las ventajas y desventajas de cada una.

#### Apartado nº1: Alimentación de fibra.

El propósito de este apartado es el de conseguir que la fibra llegue desde donde está almacenada hasta el carro mezclador.

- A. **Alimentación de fibra mediante picadora de paja:** Una picadora de paja es una máquina que mediante una cinta transportadora, donde previamente el operario a colocado los pacones o fardos de paja, transporta los pacones de fibra (paja, festuca...) hacia unas cuchillas que pica la paja, dejándola a la medida deseada para después ser transportada neumáticamente mediante un gran ventilador hasta cualquier punto. Esta alternativa para el apartado nº1 funcionaría de la siguiente manera: el operario mediante la pala cargadora iría colocando pacones de fibra en la cinta transportadora de la picadora, y esta picaría la fibra y la introduciría al carro mezclador ya picada.



*Ventajas:*

1. La fibra llega picada al carro por lo tanto, el carro mezclador estará menos tiempo funcionando porque la fibra ya está picada de antemano.
2. El tubo que lleva la paja picada puede introducirse en el carro mezclador por cualquier lugar y apenas ocupa espacio. Lo cual es muy beneficioso porque podemos aprovechar ese espacio para poder cargar el carro mediante la pala cargadora, si hiciese falta.
3. Al cargarse las pacas a la altura del suelo y al transportarse horizontalmente, la labor de cortar las cuerdas a los pacones es muy sencilla y rápida para el operario.
4. La fibra se pica de forma más precisa y se controla muy bien el tamaño de la de esta.

*Desventajas:*

1. Desaprovechamos la función de pichado del carro mezclador. Es decir tenemos dos máquinas que podría hacer la función de picado.
2. Añadimos un motor eléctrico más a la instalación eléctrica. Sistema más complejo, más mantenimiento y posibilidades de avería.
3. Se produce más polvo y se tardas más tiempo que con las cintas.

**B. Alimentación de fibra mediante cintas transportadoras en pendiente:** Esta alternativa únicamente consiste en una o varias cintas transportadoras que llevan los pacones desde un punto a otro. El funcionamiento es sencillo, las cintas las carga el operario con la pala cargadora en un extremo que está a la altura de suelo y estas elevan los pacones hasta donde está el carro mezclador, gracias a la pendiente de la cinta transportadora es muy sencillo dosificar la cantidad exacta de fibra, ya que nunca se precipitaran involuntariamente bloques de paja al interior del carro.

*Ventajas:*

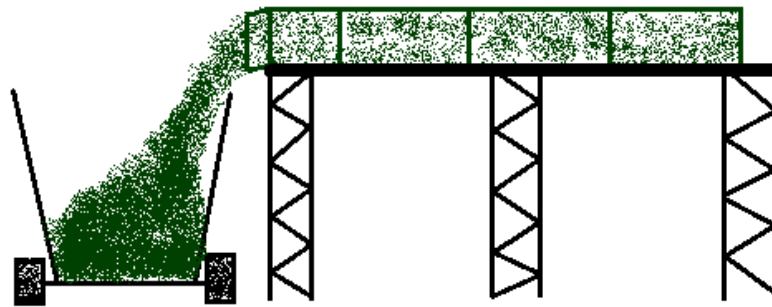
1. Al estar las cintas inclinadas, ocupan menos espacio que al estar horizontales.
2. Al estar inclinadas, no hay peligro de que se desprendan bloques de paja al interior del carro mezclador.
3. Es un mecanismo más sencillo y de menor mantenimiento, que la picadora de fibra.

*Desventajas:*

1. Ocupa mucho espacio, ya que el pacón entra entero en el carro mezclador. Este espacio ocupado por las cintas a la altura de carro mezclador, deja un espacio muy justo para introducir cualquier materia con la pala cargadora.
2. Solo se puede colocar las cintas en un sentido. Perpendiculares al carro mezclador y en este caso colocar las cintas en ese sentido dificulta la carga de silos con el camión sinfín.
3. En todos los casos, es necesario dejar el último pacón con las cuerdas atadas para que haga de pacón empujador y así el resto de pacones no se desarmen. Y es que, al estar las cintas inclinadas supone un problema porque siempre nos encontraremos con el inconveniente de que el último pacón aun conserva las cuerdas y se encuentra a varios metros de altura, porque ha subido por la cinta. Por lo tanto habría que hacer retroceder ese pacón por la cinta cortar las cuerda y volver a cargar de pacas la cinta. Sería una labor lenta para el operario.



- C. **Alimentación mediante cintas transportadoras en horizontal:** Esta alternativa es básicamente igual que la anterior, con la diferencia de que los pacones se transportan horizontalmente. Esto implica que la cinta tiene que estar elevada como mínimo a la altura del carro mezclador, por lo tanto el operario tendría que elevar el pacón de fibra para poder colocarlo en la cinta. Al estar en horizontal, la dosificación no sería muy precisa, porque podrían desprenderse involuntariamente bloques del pacón hacia el interior de carro mezclador.



*Ventajas:*

1. Al estar las cintas a la altura del carro mezclador, podemos aprovechar el espacio que queda debajo de ellas.

*Desventajas:*

1. Ocupa mucho espacio, ya que el pacón entra entero en el carro mezclador. Este espacio ocupado por las cintas justo donde entran al carro mezclador, deja un espacio muy justo para introducir cualquier materia con la pala cargadora.
2. Al estar horizontales, hay peligro de que se desprendan bloques de paja al interior del carro mezclador y esto supondría que la dosificación no sería precisa.
3. Para el operario sería una labor muy complicada y exhaustiva, ya que tendría que colocar las pacas en la cinta casi sin visibilidad y tendría que subir por incómodas escaleras cada vez que colocase un pacón para cortar las cuerdas.

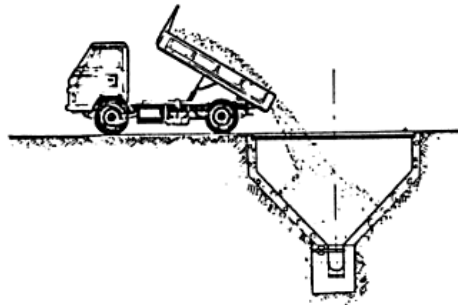


## Apartado nº2: Almacenamiento en silos de grano y pienso.

El propósito de este apartado es el de conseguir que el grano que llegue a la explotación en camiones y remolques, se pueda almacenar en los silos de forma sencilla. Este apartado nº2 se divide en 3 sub-apartados (descarga, elevación y llenado de silos)

### Apartado nº2.1.: Descarga del grano o pienso.

A. **Descarga del grano o pienso en una fosa o tolva.** Esta fosa o tolva es un agujero en el suelo, el cual canaliza todo lo que cae en él hacia un punto y desde ese punto se eleva el grano o el cereal para introducirlo en los silos. El funcionamiento es el siguiente: El tractor o camión bascula totalmente su carga dentro de esta tolva y gracias al diseño de la tolva el grano va resbalando hasta un punto donde es recogido por un elevador que lo introducirá en los silos. Esta tolva cuenta con una parrilla de acero que permite que camiones y tractores puedan pasar por encima sin peligro de que se caigan en el agujero. Este agujero tiene una capacidad de unos 25m<sup>3</sup>, lo que permite descargar el remoque completamente dentro de la tolva.



#### *Ventajas:*

1. Los tractores pueden descargar sus remolques en el interior de la fosa en cuestión de segundos y ya están listos para marcharse.
2. Si se da la situación de que mientras se está subiendo grano a los silos, el silo se llena, se puede dejar el sobrante en la piquera a modo de silo de seguridad.
3. Al estar bajo tierra y protegido por una parrilla de acero, los camiones pueden circular por encima como si fuese suelo firme.
4. La pala cargadora puede descargar en ella, siempre que lleve grano.

#### *Desventajas:*

1. Es la opción más cara, ya que es la que mas obra necesita.

- B. Descarga del grano o pienso en una tolva de recepción pequeña de exterior.** El funcionamiento de este sistema es el mismo que el anterior, con la diferencia de que esta tolva de recepción no es un agujero, sino que es un cubo de unos  $1\text{m}^3$  que está en el exterior y en el que hay que ir basculando el remolque poco a poco según el grano o pienso va siendo trasladado hacia los silos.



*Ventajas:*

1. Es una opción muy sencilla y bastante barata.
2. Permite cargar los silos mediante tractores y camiones.

*Desventajas:*

1. Hay que estar en todo momento alerta, de lo contrario, si sucede que se llena el silo, mientras se está descargando el remolque, el cereal se derramaría y habría que barrer centenares de kilos de cereal.
2. No es posible vaciar el remolque completamente en pocos segundos, tal y como se podía en el sistema anterior, lo que conlleva que el conductor del tractor perderá mucho tiempo, más de media hora, únicamente vigilando que todo vaya correctamente.
3. Estorba, ya que está en una zona donde posiblemente un camión sinfín rellenará alguno de los silos mediante el tornillo sinfín que tienen incorporado.
4. La maniobra con un tractor marcha atrás es muy complicada de por sí, pues si tenemos que hacer coincidir la tajadera del tractor con la pequeña tolva de recepción, la maniobra se complica muchísimo más.

- C. **Descarga del grano o pienso directamente a los silos mediante el camión con sinfín.** Esta opción es la más simple. Únicamente consiste en que los silos estén al alcance de uno de estos camiones especiales provistos de un tubo sinfín telescópico, que introducen el grano o pienso directamente en los silos.



*Ventajas:*

1. Es el sistema más barato, ya que no precisa de instalación alguna.

*Desventajas:*

1. Solo se podría cargar mediante camión con sinfín, nada de tractores.

Apartado nº2.2.: Elevación del grano o pienso.

- A. **Elevación del grano o pienso mediante tornillo sinfín.** Nos encontramos en la situación de que tenemos el cereal o el pienso a la altura del suelo y necesitamos elevarlo como mínimo hasta la altura del silo para poder llenarlos. Este sistema consta de un tubo y en su interior está alojado un tornillo sinfín que accionado por un motor es capaz de elevar el cereal hasta donde se necesite.



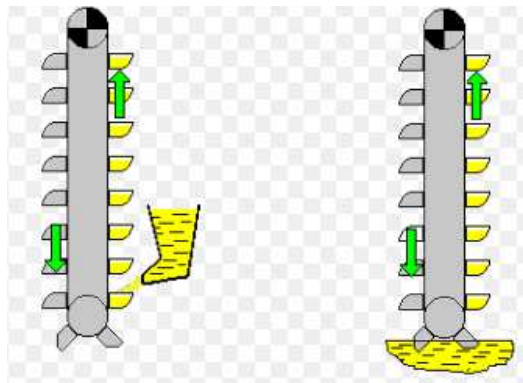
*Ventajas:*

1. Es el sistema más barato, ya que solo consta de un tubo con un tornillo sinfín y un motor eléctrico.
2. Su instalación es sencilla y su mantenimiento escaso.

*Desventajas:*

1. Es un sistema muy lento, traslada unas 20 toneladas de cereal por hora (aprox.), teniendo en cuenta que tenemos un diámetro de tubo de 15 centímetros.

**B. Elevación del grano o pienso mediante elevador de cangilones.** Este sistema a diferencia del sinfín que trabaja en diagonal o en horizontal, puede trabajar en diagonal horizontal y vertical. El sistema cuenta con una banda y a ella están sujetos unos cajones que van cogiendo el cereal o el pienso y lo van subiendo hasta donde sea necesario.

*Ventajas:*

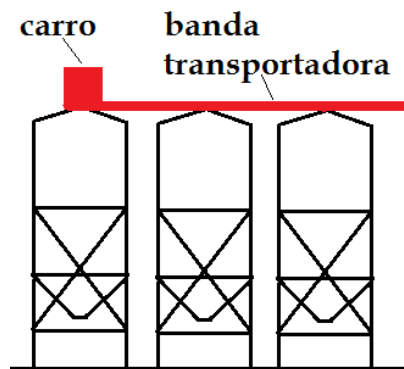
1. Es el sistema más rápido, aproximadamente unas 20 toneladas en 10 minutos

*Desventajas:*

1. Es más caro que el anterior ya que hace falta una instalación más compleja. Se necesitan cangilones, una cinta transportadora, un motor...
2. Su mantenimiento es mucho más caro y laborioso.

## Apartado nº2.3.: llenado de silos.

- A. **Llenado mediante cinta transportadora de banda.** Este sistema consiste en una cinta transportadora de banda, colocada horizontalmente a la altura de las bocas de los silos, que cuenta con un carro móvil que puede desembocar en cada uno de los silos. Funcionamiento: El cereal sube hasta la cinta mediante el elevador o el sinfín y lo echa en la banda. esta únicamente lo desplaza hasta donde está la boca del silo y mediante el carro móvil se introduce en el interior para almacenarlo.



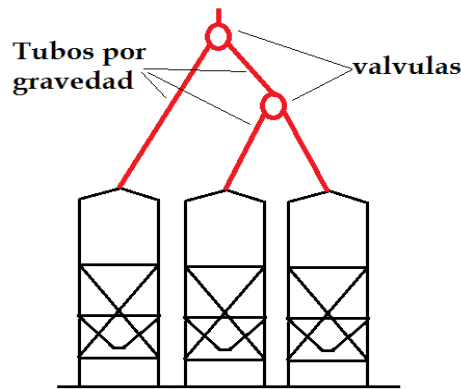
### *Ventajas:*

1. Es el sistema que mas rápido transporta el cereal.

### *Desventajas:*

1. Es el sistema más caro, ya que cuenta con muchos elementos (cinta, carro, motor para cinta, motor para carro...)
2. Su mantenimiento es el más costoso de entre los tres sistemas.

- B. **Llenado mediante canalización aprovechando la gravedad.** Este sistema consta únicamente de tubos huecos y válvulas que distribuyen el cereal que las atraviesa hacia un lado o hacia otro. Funcionan de la siguiente manera: El cereal es elevado unos metros por encima de las bocas de los silos, se colocan unos tubos que conectan la parte superior del elevador o tubos sinfín (que eleva el cereal) a las bocas de los silos y, aprovechando la gravedad, se deja que el cereal simplemente deslice hacia el interior de los silos. Las válvulas se encargan de dirigir cada tipo de cereal a su correspondiente silo.

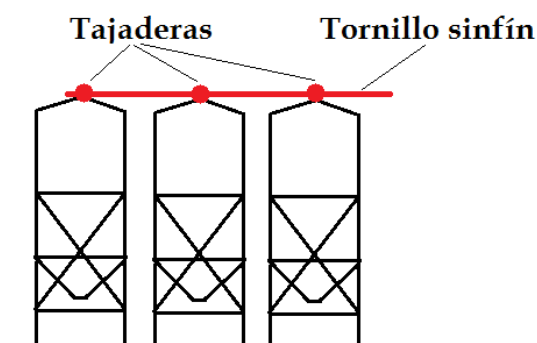
**Ventajas:**

1. Es el sistema más sencillo y barato de entre los tres.

**Desventajas:**

1. Al trabajar utilizando la gravedad, para que el pienso deslice sin problemas, hay que dotar a los tubos de una inclinación mínima de  $60^\circ$  y esto hace que tengamos que elevar el cereal mucho, más de lo que la altura de la nave permite.

**C. Llenado mediante tornillo sinfín.** Este sistema cuenta con un tornillo sinfín en el interior de un tubo colocado horizontalmente. En un extremo recibe el cereal de el sistema elevador (elevador de cangilones o tornillo sin fin) y en el otro extremo tiene una tajadera que deja caer el contenido de los tubos sinfín horizontal dentro del silo. Este tornillo permite llenar 3 silos de cereal y uno de pienso. Los silos están dispuesto de tal forma que, si en un futuro es necesario llenar los dos silos de pienso que faltan mediante sinfín la ampliación sería muy sencilla.

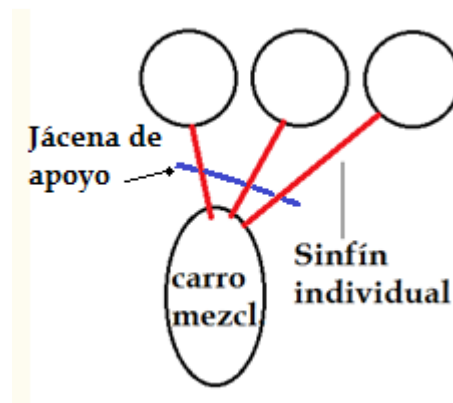
**Ventajas:**

1. Es un sistema barato, sencillo, bajo mantenimiento y eficaz.
2. Ocupa poco sitio por lo que es el sistema que mayores silos permite, siendo así el sistema con más capacidad de almacenamiento.

### Apartado nº3: Alimentación de grano y pienso.

El propósito de este apartado es el de conseguir que el grano que salga de los silos llegue al carro mezclador de forma sencilla y con precisión a la hora de dosificar.

**A. Alimentación mediante sinfín individual para cada silo.** Consiste en que cada silo tenga en la parte inferior, desde donde se vacían los silos, un tornillo sinfín que transporte directamente el cereal o el grano hasta el carro mezclador. El funcionamiento es sencillo. Cada silo descarga su contenido en su tornillo sinfín y este transporta el contenido hasta el carro mezclador. Estos silos se apoyan todos en una jácena situada entre el carro y los silos que les aporta rigidez, ya que estos sinfines son de longitudes superiores a los 8 metros y si no sería muy inestables.



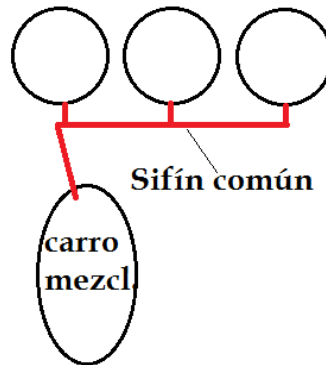
#### *Ventajas:*

1. Puesto que el carro mezclador posee una célula de pesaje (bascula) y los silos tienen cada uno su tubo sinfín dosificador individual, no es necesario instalar ninguna otra célula de pesaje en ningún otro sitio. Por lo tanto el sistema es barato.
2. Como cada silo cuenta con un sistema de dosificación individual, en caso de avería en un silo es muy fácil solventar el problema, ya que contamos con el resto de silos, para seguir preparando la comida.
3. La dosificación es muy precisa.

#### *Desventajas:*

1. Es necesario mucho más metro de tubo sinfín que en los siguientes sistemas, ya que cada sinfín debe conectarse con el carro mezclador.
2. Necesitamos espacio para acomodar 6 tubos al carro mezclador, uno por cada silo.

**B. Alimentación mediante sinfín común para todos los silos.** Este sistema es algo más complejo que el anterior. Cuenta con una tolva común con tornillo sinfín en el que desembocan todos los silos. Esta tolva debe estar apoyada en una báscula, para saber qué cantidad de producto cae en cada silo. Una vez se tiene todos los productos en su justa cantidad dentro de la tolva, el tronillo sinfín que está dentro transporta la mezcla de cereal y piensos hasta el carro mezclador.



*Ventajas:*

1. Se necesita mucho menos metro de tubo con sinfín, ya que únicamente habrá un tubo común que recoja el cereal o pienso de cada silo y los llevará hasta el carro mezclador.
2. Hay mas espació libre entre los silos y el carro, ya que ese espacio solo lo atraviesa un tubo.
3. En el carro mezclador solo desemboca un único tubo.

*Desventajas:*

1. Es un sistema más caro, ya que es necesario instalar un sistema auxiliar de pesada para saber la cantidad de cereal o pienso que cae en el tubo sinfín común que llevará toda la mezcla ya pesada hasta el carro mezclador.
2. En caso de avería en la pesada de un silo, sería mucho más difícil de solventar el problema con este sistema de silos comunicados, ya que si falla uno, falla todo el sistema.
3. Si hay una avería en el silo sinfín común, Todo el sistema de alimentación de grano y pienso se verá imposibilitado, ya que no habrá forma alternativa de llenar el carro mezclador con otro tubo sinfín.





#### **Apartado nº4: Toma de fuerza del carro mezclador.**

El propósito de este apartado es el de conseguir que el carro mezclador tenga un elemento que le permita tener giro en sus cuchillas.

- A. Toma de fuerza mediante motor eléctrico.** Consiste en colocar un motor trifásico de 75Kw de potencia, capaz de mover las cuchillas del carro mezclador.

*Ventajas:*

1. Mayor eficiencia al usar motores eléctricos y menor contaminación

*Desventajas:*

1. Necesidad de contratar mayor potencia eléctrica para alimentar al motor de 75Kw y dimensionar toda la instalación para esa potencia superior. Habrá que instalar un transformador mayor.
2. El carro debe tener reductor que iguale giro motor y giro chuchillas

- B. Toma de fuerza mediante motor de combustión interna.** Consiste en colocar un motor diesel de unos 105cv de potencia, capaz de mover el carro mezclador.

*Ventajas:*

1. No hace falta contratar más potencia eléctrica. Se aprovecha la instalación eléctrica actual tal y como esta.

*Desventajas:*

1. El motor contamina y es más voluminoso, lo que es perjudicial, ya que se pretende apartarlo para que no estorbe.

- C. Toma de fuerza directamente del cardan del tractor existente.** Consiste en dejar el tractor que actualmente se está usado para accionar el carro mezclador e instalarle un sistema para poder automatizar su encendido y apagado.

*Ventajas:*

1. No haría falta colocar un elemento generador, que luego abría que apartar para que no estorbase.

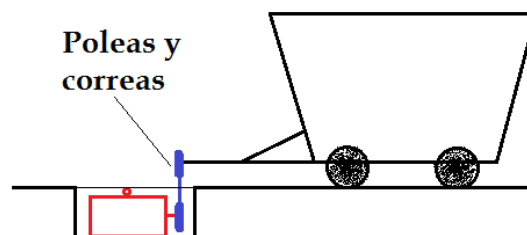
*Desventajas:*

1. El consumo de combustible sería el más elevado de los tres sistemas y habría que acondicionar el tractor para que tuviera un encendido y apagado automatizado. Lo cual es muy caro.

## **Apartado nº5: Transmisión de la potencia desde el elemento generador hasta el elemento receptor (carro mezclador).**

El propósito de este apartado es el de conseguir que la potencia del elemento generador se transmita hasta el carro mezclador, con la peculiaridad de que tiene que ser posible soltar la transmisión (desconectar el elemento generador de potencia del carro mezclador) y dejar la zona libre de obstáculos para poder sacar el carro mezclador de su emplazamiento en cualquier momento.

- A. Elemento generador situado en un agujero y transmisión por correas.** Consiste en un agujero en el cual se sitúa el elemento generador. Con este agujero se consigue que esté en un lugar en el que no estorba a la hora de sacar el carro mezclador de su ubicación. La transmisión de potencia se realizaría mediante correas. Entre las correas y las chuchillas, debe haber un reductor para igualar el giro del elemento generador, al giro óptimo de las chuchillas, debido a que las cuchillas giran a unas rpm muy bajas. Esta reducción se podría hacer directamente jugando con el diámetro de las poleas, pero saldrían poleas de diámetros demasiado grandes. Estas se podrán tensar y destensar para facilitar la desconexión de la transmisión entre elemento generador y receptor. Funciona de la siguiente manera: Cuando hace falta sacar el carro mezclador, se destensa la correa, se retira todo el sistema de poleas, se conecta el tractor al carro y se saca el carro sin problemas.



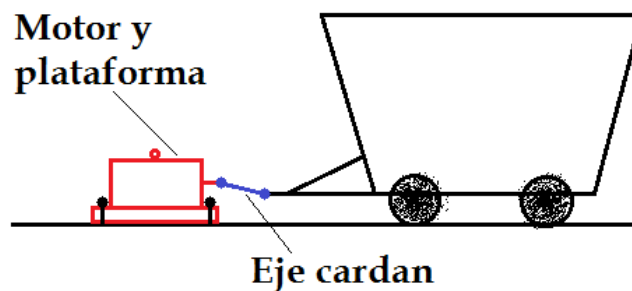
### *Ventajas:*

1. El elemento generador no estorba, así que no hay que moverlo.

### *Desventajas:*

1. Hay que diseñar una polea que acople en el eje transmisor de potencia del carro mezclador
2. El sistema de desconexión y conexión de la transmisión sería complejo, ya que cada vez que se quisiera soltar y montar habría que destensar la correa y posteriormente tensarla de nuevo.

**B. Elemento generador montado en una plataforma móvil y transmisión aprovechando la toma de fuerza cardan del carro mezclador.** Consisten en colocar el elemento generador encima de una plataforma atornillada al suelo, la cual se puede desatornillar y desplazar junto al motor para que no estorbe. La transmisión se realiza mediante una junta homocinética o eje cardan. Entre el eje cardan y las chuchillas, hay que colocar un reductor de giro por el mismo motivo que en el apartado anterior. Pero en vez de instalar uno externo, el carro trae la opción de instalar uno interno. El cardan se desacopla y se acopla muy rápidamente del carro mezclador y del elemento generador. Funciona de la siguiente manera: Cuando hace falta sacar el carro, se desconecta el eje cardan del elemento generador y del carro mezclador y se desatornilla la base en la que descansa el elemento generador, después un operario utilizando la pala cargadora, engancha el conjunto (plataforma y generador “motor”) y lo aparta para dejar paso libre, por último se conecta el tractor al carro y ya podemos sacar el carro sin problemas.



*Ventajas:*

1. El sistema de desconexión y conexión de la transmisión sería muy sencillo ya que es el mismo que actualmente se usa con el tractor y se puede conectar y desconectar sin ningún tipo de herramienta.
2. No haría falta modificar el eje de transmisión de el carro mezclador, ya que el elemento generador y el tractor usarían el mismo sistema de conexión
3. Mediante la pala cargadora y unas cinchas se podría apartar el elemento generador junto con su base o plataforma muy fácilmente.
4. El conjunto elemento generador y base o plataforma, está unido al suelo mediante tornillos. Este sistema es muy sencillo y práctico.

*Desventajas:*

1. La labor de retirar el elemento generador es inevitable.

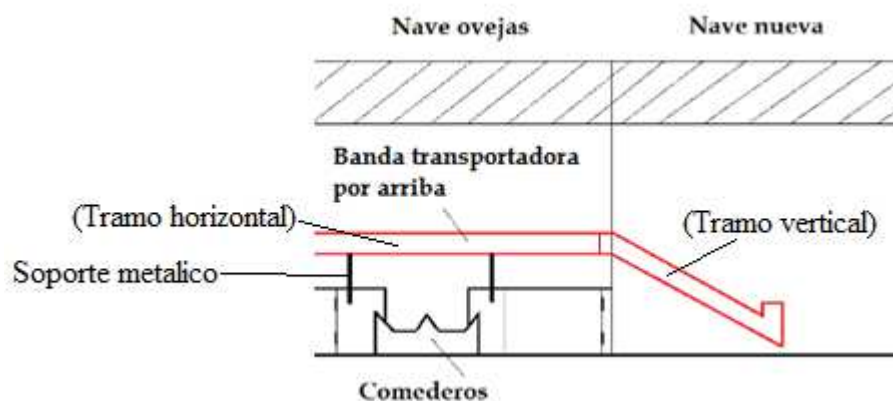
#### 4.1.2.- SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN:

A continuación se va a describir brevemente las alternativas que se han estudiado para cada uno de los apartados que forman el sistema de distribución de la materia prima, de esta manera conociendo todas las posibles opciones, se puede elegir la más correcta para este proyecto valorando las ventajas y desventajas de cada una.

##### Apartado nº1: distribución de la mezcla.

El propósito de este apartado es el de conseguir que la comida que sale del carro mezclador se distribuya a lo largo de toda la nave.

- A. **Transporte de la comida mediante cintas transportadoras de banda, por arriba,** Consiste simplemente en dos cintas transportadoras de banda con babearos laterales inclinados 45°, para evitar que la comida se desplace hacia los laterales y así permanezca en el centro de la banda. La banda transportadora (tramo horizontal) está montada sobre unos soportes metálicos que arrancan desde el muro de hormigón que cruza longitudinalmente la nave, el tramo inclinado está montado sobre unas patas que la propia banda trae de fábrica. La cinta cuenta con una carcasa protectora en forma rectangular que evita que se expanda el polvo que se genera a la hora de transportar la comida. Esta cinta es de movimiento continuo.



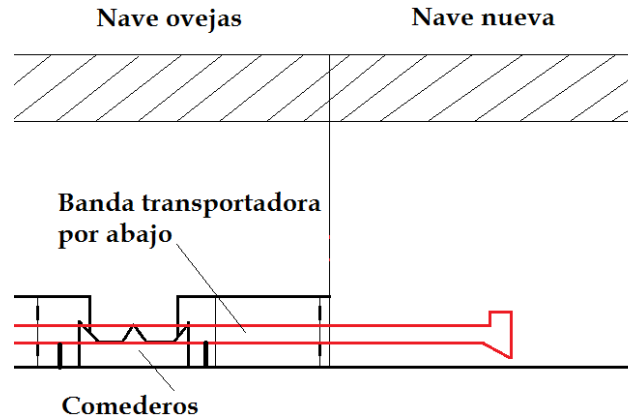
##### *Ventajas:*

1. No estorba a la hora de realizar las labores del día a día y no estorba si se diese el caso de que abría que repartir la comida manualmente.

##### *Desventajas:*

1. Haría falta un sistema costoso para enviar los restos de comida sobrantes por la misma cinta que se utiliza para distribuir la comida.

**B. Transporte de la comida mediante una cinta transportadora de banda y a la misma altura que los comederos.** Consiste exactamente en lo mismo que en el sistema anterior pero la banda transportadora en vez de ir por encima, va a la misma altura que los comederos.



*Ventajas:*

1. Debido a que no existe diferencia de alturas entre la cinta de distribución y la cinta comedero, se podría usar esta para enviar los restos de comida sobrantes por la misma cinta que se utiliza para distribuir la comida. Sin necesidad de instalar un sistema costoso

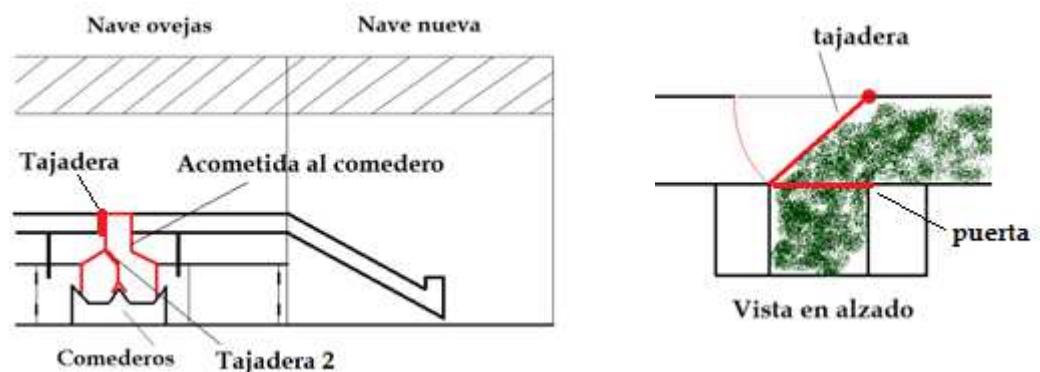
*Desventajas:*

1. Estorba a la hora de realizar las labores del día a día, ya que obstruye la puerta de entrada a cada lote de ovejas.
2. Estorba si se diese el caso de que habría que repartir la comida manualmente (como se está haciendo en la actualidad, carro + tractor).

## Apartado nº2: Acometida a los comederos existentes.

El propósito de este apartado es el de conseguir que la comida que está siendo distribuida a lo largo de la nave mediante la banda transportadora, caiga a los comederos de forma sencilla y precisa, es decir, que en cada comedero caiga la cantidad correspondiente de comida. Para conseguir esta correcta dosificación se han barajado dos opciones, únicamente de la banda transportadora que va por arriba, ya que es la única de las dos opciones del apartado anterior viable.

- A. **Dosificación mediante tajadera.** Consiste en una tajadera, montada en la carcasa protectora que se introduce en el interior de la cinta mediante un cilindro neumático (nº1) desde un lateral y corta el paso de la comida que circula por la cinta pero sin llegar a tocar la cinta. Gracias a una inclinación que posee esta tajadera no bloquea la comida sino que la redirige hacia un lado de la cinta donde se ha colocado una puerta accionada por otro cilindro que abre un hueco y en el lateral y permite que la comida caiga a través de la acometida hasta el comedero. El cilindro neumático (nº1) le proporciona un movimiento de vibración a la tajadera para que la comida no se atasque. Esta acometida tiene otra tajadera 2 en su interior que posibilita mandar la comida al comedero de la derecha o al comedero de la izquierda.



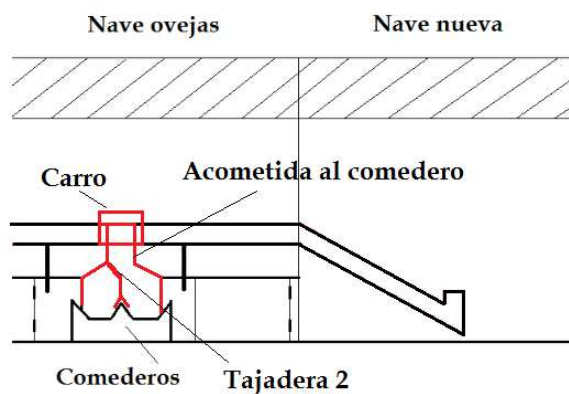
### Ventajas:

1. Es el sistema más barato y simple, así que el que menos mantenimiento necesita.

### Desventajas:

1. La limpieza de las bisagras de las tajaderas tiene que ser bastante frecuente, de lo contrario debido a los restos de comida, estas se podrían atascar y provocar errores en la distribución de la comida.

**B. Dosificación mediante carro móvil.** Consiste en un carro acoplado a la cinta transportadora de banda que se desliza sobre ella. Funciona de la siguiente manera: El carro se desplaza hasta la desembocadura del comedero al que quiere echar comida, y gracias a su diseño, cuando la comida llega, el carro echa la comida por la acometida correspondiente y cae al comedero de debajo. En este sistema el diseño de la acometida es el mismo al del anterior sistema, con la tajadera 2 y todo lo demás igual.



*Ventajas:*

1. No es necesario prestarle tanta atención a la limpieza del carro, ya que no tenemos elementos tales como bisagras. Sí a la tajadera 2.

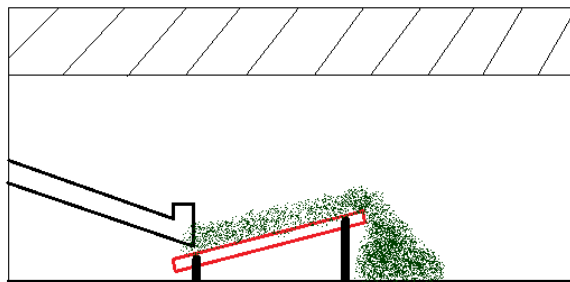
*Desventajas:*

1. Es un sistema mucho más costoso y complicado.
2. Más caro en el mantenimiento.

### Apartado nº3: Expulsión de la mezcla.

El propósito de este apartado es el de conseguir que el sistema de distribución de comida tenga la opción de vaciar el carro mezclador o la cinta transportadora de distribución a un lugar de fácil acceso para la pala cargadora. Esto es importante porque puede darse el caso de que a la hora de hacer la mezcla se produzca un error en el sistema de captación y como consecuencia la mezcla resultante sea mala o no cumpla con las especificaciones de la dieta. Por lo tanto esta comida hay que sacarla del sistema de distribución de comida y debe estar en un lugar de fácil acceso para hacer con esa mezcla errónea lo que sea conveniente, desde reutilizara poco a poco, usarla como cama o desecharla totalmente.

- A. **Cinta transportadora inclinada fija.** Simplemente es un tramo de cinta transportadora situada debajo de la cinta de distribución que conduce la mezcla errónea hasta un lugar apartado y de fácil acceso para la pala cargadora.



*Ventajas:*

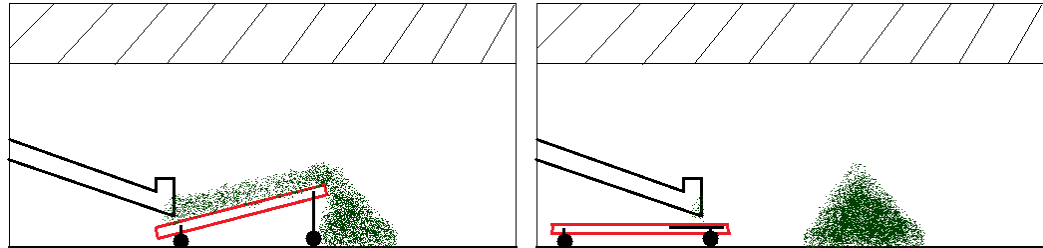
1. Es el sistema más sencillo y barato porque esta fijo.

*Desventajas:*

1. Estorba mucho a la hora de recoger la comida amontonada en el suelo mediante la pala cargadora.



- B. Cinta transportadora inclinada móvil.** Este sistema es exactamente igual al anterior, con la diferencia, de que la cinta transportadora de mezcla errónea, es móvil. Por lo tanto, una vez se ha sacado toda la mezcla mala, la cinta se retira para dejar espacio libre a la pala cargadora.



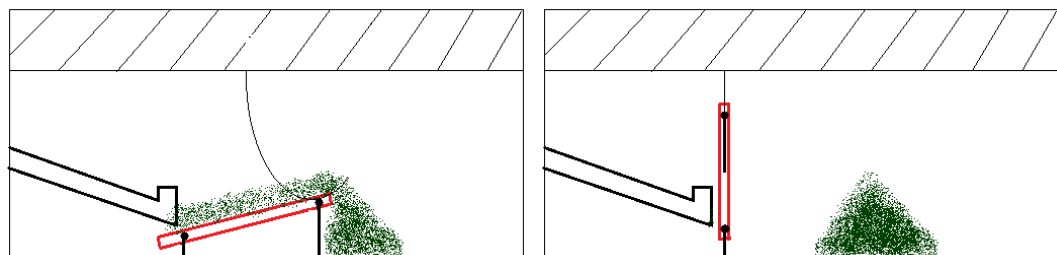
*Ventajas:*

1. No estorba cuando se recoger la comida, ya que es una cinta móvil.

*Desventajas:*

1. Es un trabajo incomodo para el operario el plegar y desplegar la cinta.

- C. Cinta transportadora con inclinación variable,** desde  $0^\circ$  a  $90^\circ$ . Este sistema fundamentalmente también es igual, pero en esta ocasión en vez de ser móvil, una vez que se ha expulsado toda la mezcla no deseada la cinta gira cerca de  $90^\circ$  sobre su punto de recepción de mezcla y se queda vertical al suelo. Esto se consigue atando la cinta con sirga al pórtico central, mediante manivela reductora se tira de la sirga y manualmente conseguimos colocar la cinta perpendicular al suelo. Para asegurar que la cinta no se cae o se mueve de su posición vertical se asegura con unos pestillos al pilar de la nave.



*Ventajas:*

1. No estorba cuando se recoger la comida, ya que la cinta gira.
2. Es un trabajo cómodo para el operario. Apenas requiere esfuerzo.

*Desventajas:*

1. Es el sistema más costoso y complicado.



#### 4.1.3.- SISTEMA DE RECOGIDA:

El propósito de este apartado es el de conseguir que la comida sobrante que no comen las ovejas, se recoja y se transporte a algún lugar, donde no estorbe y se pueda reutilizar de alguna manera. Se han barajado tres opciones, las tres implantadas en el sistema de banda transportadora por arriba.

- A. **Recogida mediante sistema neumático de aspiración.** Consiste en colocar en cada salida de las cintas comedero, un tubo que aspire de forma neumática los restos de la comida y los introduzca dentro de la cinta o banda transportadora que distribuye la comida por toda la nave. Funciona de la siguiente manera: Una vez las ovejas han comido, se echan hacia atrás las cintas de los comederos, estos arrastran la comida y las dirigen hacia los tubos de aspiración, la comida es aspirada e introducida en la cinta transportadora de distribución de comida, y esta banda realiza su recorrido en el sentido contrario al de reparto de comida y transporta los restos hasta el lugar donde se expulsan las mezclas erróneas (explicado en el apartado nº3, expulsión de mezcla).
- B. **Recogida mediante cintas transportadoras bajo suelo.** Consiste en realizar una zanja situada debajo de la desembocadura del comedero, esta zanja recorre toda la nave longitudinalmente. Dentro de esta zanja está situada una cinta transportadora que recoge la comida sobrante de todos los comederos de la nave. Funciona de la siguiente manera: Los comederos se echan hacia atrás y dejan caer los restos de comida sobre la cinta transportadora que está situada en la zanja. Esta cinta transporta toda la comida sobrante hasta el lugar donde se expulsan las mezclas erróneas (explicado en el apartado nº3, expulsión de mezcla.)
- C. **No automatizar la recogida de restos de comida.** Como la propia frase indica, consiste en no realizar esta labor automáticamente, ya que es una labor que solo se realiza una vez a la semana y no lleva más de 20 min. El operario no tiene más que cargar la comida con una pala manualmente en una carretilla y descargar la carretilla donde haga falta.

## 4.2.- UBICACIÓN DE TODO EL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN:

El propósito de este apartado es el de ubicar todo el sistema automático, donde irán colocados todos los sistemas de captación, distribución y recogida.

- A. **Situar todos los sistemas en el interior del almacén de fibra**, donde actualmente se prepara la mezcla manualmente. La idea consiste en aprovechar la nave donde actualmente se está preparando la comida de forma manual y acondicionarla para que prepare y distribuya la comida automáticamente. Esta nave está situada al oeste de la parcela a unos 20 metros de distancia de la nave de las ovejas (zona delimitada por el rectángulo azul.)



### *Ventajas:*

1. La nave está construida.
2. Esta muy cerca de la acometida a la red general y al compresor.

### *Desventajas:*

1. La nave fue diseñada para preparar la comida manualmente. Por lo tanto no hay espacio suficiente para instalar un sistema automático de alimentación correctamente. Es decir, el sistema automático no sería el óptimo, sería muy incomodo para el operario y no cumpliría algunos de los requisitos exigidos en el programa de necesidades, simplemente por falta de espacio.
2. La comida habría que transportarla por el exterior a la intemperie.
3. La estructura es de hormigón. Es poco versátil para acoplar cosas.

- B. Situar todos los sistemas (al sur) en una nave nueva** junto a la nave de las ovejas, adosada al la fachada piñón sur. Consiste en edificar una nave totalmente nueva donde situar todos elementos que componen el sistema automático de alimentación (zona delimitada por el rectángulo azul.)



*Ventajas:*

1. El terreno esta explanado. El movimiento de tierras será pequeño.
2. La nave será nueva y estar diseñada expresamente para cumplir el cometido de albergar el sistema automático de alimentación, así que todos los sistemas serán óptimos y más cómodos para el operario.
3. Es la ubicación de nueva construcción que más cerca se encuentra del cuadro general, esto facilitará la instalación eléctrica.
4. La nave nueva y la de las ovejas están adosadas, así que en ningún momento hay que transportar la comida por el exterior.
5. Es la ubicación de nueva construcción, que más cerca tiene el tanque de agua para medicar la mezcla. Esto es muy útil si se da el caso de que hay que medicar la mezcla
6. Es la ubicación de nueva construcción, que más cerca tiene la toma para aire comprimido. Esto es muy útil, porque se va a empelar aire comprimido para accionar las tajaderas de la cinta de distribución.

*Desventajas:*

1. Hay que construir una nave nueva, ya que en la actualidad no existe.

- C. **Situar todos los sistemas (al norte) en una nave nueva** junto a la nave de las ovejas, adosada al la fachada piñón norte. Consiste en edificar una nave totalmente nueva, donde situar todos elementos que componen el sistema automático de alimentación (zona delimitada por el rectángulo azul.)



*Ventajas:*

1. El terreno esta explanado. El movimiento de tierras será pequeño.
2. La nave será nueva y estar diseñada expresamente para cumplir el cometido de albergar el sistema automático de alimentación, así que todos los sistemas serán óptimos y más cómodos para el operario.
3. La nave nueva y la de las ovejas están adosadas, así que en ningún momento hay que transportar la comida por el exterior a la intemperie

*Desventajas:*

1. Hay que construir una nave nueva, ya que en la actualidad no existe.
2. Es la ubicación de nueva construcción, que más lejos tiene el tanque de agua para medicar la mezcla. Esto es un problema si se da el caso de que hay que medicar la mezcla
3. Es la ubicación de nueva construcción, que más lejos se encuentra del cuadro general, esto dificulta la instalación eléctrica.



### 4.3.- DISEÑO DE LA NAVE NUEVA:

El propósito de este apartado solo va dirigido a las opciones b y c, del punto 4.2 anterior (Ubicación de todo el sistema de alimentación) donde se hablaba de construir una nave nueva. Consiste en diseñar la forma estructural de la nave, qué tipo de estructura emplear... Se ha dividido en tres apartados.

#### Apartado nº1: Tipo de estructura.

El propósito de este apartado es el de definir el tipo de material que se empleará en la fabricación de la estructura de la nave nueva. Puede ser acero u hormigón.

##### A. Estructura de acero.

###### *Ventajas:*

1. Es más versátil. Es decir que se pueden acoplar enganches, pilares, vigas... de forma muy sencilla gracias a la soldadura. Este punto es importante porque las naves diseñadas para sistemas de alimentación automáticos, lo más seguro es que necesite modificaciones futuras. Debido a que el agricultor necesite cambiar la dieta de las ovejas
2. Perfiles menor sección, menor peso estructural.
3. Menor coste de mano de obra en construcción y modificación.
4. Permite una continuidad lógica ya que la estructura de la nave de ovejas es de acero.

###### *Desventajas:*

1. Corrosión y mal comportamiento en caso de fuego.
2. Para esta distancia de luz, estructuras más caras.

##### B. Estructura de hormigón.

###### *Ventajas:*

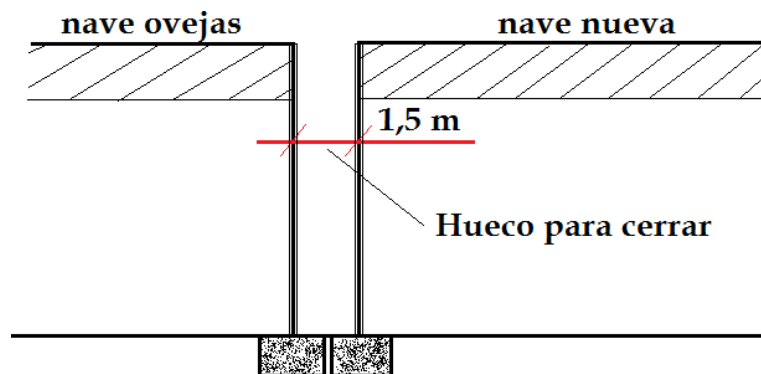
1. No hay corrosión y buen comportamiento en caso de fuego.
2. Para esta distancia de luz, estructuras más baratas.

###### *Desventajas:*

1. Es poco versátil. Es decir, es complicado realizar modificaciones, ya que no se pueden soldar piezas de hormigón entre sí.
2. Perfiles de mayor tamaño, mayor peso estructural.

## Apartado nº2: Unión con la nave de ovejas.

El propósito de este apartado es el de definir como se adosarán las dos naves, la nave nueva y la nave vieja de las ovejas. Ya que debido a las zapatas, hay que dejar un espacio mínimo de separación de 1.5m entre los pilares del piñón de la nave de ovejas y los pilares de los pórticos de la nave nueva.



- A. **Unión mediante voladizo** de la nave nueva hasta la nave de ovejas. Consiste en prolongar las correas de fachada y cubierta de la nave nueva hasta que toquen la fachada y cubierta del piñón de la nave de las ovejas. Esta solución proporciona a la nave nueva la condición de nave independiente respecto a la nave de las ovejas.

*Ventajas:*

1. Constructivamente más sencilla, ya que son naves independientes.

*Desventajas:*

1. Estructuralmente es una solución menos rígida.
2. Es una solución más complicada de calcular.

- B. **Unión mediante las correas** de la nave nueva y apoyarlas en la fachada piñón de la nave de ovejas. Consiste en prolongar las correas de fachada y cubierta de la nave nueva, hasta que se apoyen en los dinteles y pilares de la fachada piñón de la nave de las ovejas. Esta solución convierte las dos naves en una sola nave.

*Ventajas:*

1. Estructuralmente es una solución más rígida.
2. Es más sencilla de calcular.

*Desventajas:*

1. Constructivamente más compleja, ya que es una sola nave.



### Apartado nº3: Tipo de pórticos.

El propósito de este apartado es el de definir los tipos de pórticos que se van a emplear, bien pórticos simétricos con la misma inclinación que la nave actual o pórticos asimétricos con la misma inclinación que la nave actual.

#### A. Pórticos simétricos, misma inclinación que la nave actual y diferentes cubrerías.



##### *Ventajas:*

1. Mejor estética al tener los pórticos simétricos.

##### *Desventajas:*

1. Menos altura, así que menos  $m^3$  para la misma superficie.
2. Grandes problemas de humedades, debido a la dificultad que supone impermeabilizar el dintel de lado oeste, al no estar a la misma altura.

#### B. Pórticos asimétricos, misma inclinación que la nave actual y misma cubrera.



##### *Ventajas:*

1. Ningún problema de humedades, ya que la cubierta esta a la misma altura que la cubierta de la nave de ovejas. Así que la unión de las dos cubiertas es muy sencilla.
2. Más altura, así que más  $m^3$  para la misma superficie.
3. Al tener la cubrera a la misma altura, se puede prolongar el sistema de ventilación estático de la nave de ovejas a la nave nueva.

##### *Desventajas:*

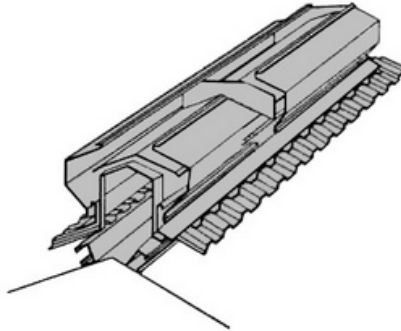
1. Estructuralmente la nave es más complicada de calcular.



## Apartado nº4: Tipo de ventilación

El propósito de este apartado es el de definir el tipo de ventilación que se va a emplear, bien ventilación estática mediante sistema colocado en cumbrera, o ventilación estática dejando un hueco aproximadamente de 1 metro de distancia en la parte superior de la fachada Este y de la fachada Oeste.

### A. Ventilación estática-lineal mediante aireadores colocado en cumbrera.



#### *Ventajas:*

1. Tiene mayor capacidad de ventilación que el sistema de huecos.
2. La nave nueva y vieja comparten cumbrera, así que se instala fácil.

#### *Desventajas:*

1. Es un sistema más caro que el sistema de huecos.

### B. Ventilación estática dejando un hueco aproximadamente de 1 metro de distancia en la parte superior de la fachada Este y de la fachada Oeste.



#### *Ventajas:*

1. Es un sistema más barato que el sistema de aireadores estáticos.

#### *Desventajas:*

1. Tiene peor capacidad de ventilación que el sistema de aireadores.

## Apartado nº5: Tipo Cerramientos (cubierta y fachada)

El propósito de este apartado es el de definir el tipo de cerramiento que se va a emplear, tanto en cubierta como en fachada. Contamos con las siguientes alternativas. Bien podemos emplear chapas plegadas de acero pre-lacado y galvanizado o bien paneles sándwich.

### A. Chapas plegadas de acero pre-lacado y galvanizado



#### *Ventajas:*

1. Son más baratas en comparación a los paneles sándwich.

#### *Desventajas:*

2. Tiene problemas de condensación.
3. Tiene un poder aislante térmico muy bajo.

### B. Paneles sándwich.



#### *Ventajas:*

1. No producen condensación, así que dentro de la nave no gotea agua.
2. Tiene un poder aislante térmico más elevado que el de las chapas plegadas.

#### *Desventajas:*

1. Son más caras en comparación con los paneles de chapa plegada.



## 5.- JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA:

Tras el estudio de las distintas alternativas técnicas y constructivas que se presentan para conseguir el objetivo planteado por el promotor, se describe y se justifica a continuación la idea más adecuada para desarrollar de manera eficaz la realización del sistema automático de alimentación.

### 5.1.- DISEÑO DE LOS SISTEMAS:

En este apartado se decidirá qué sistemas de captación, distribución y recogida van a ser adoptados de entre todas las alternativas que se han dado. También se justificará la decisión tomada y se explicará extensamente cada alternativa adoptada para que quede bien claras sus características técnicas.

#### 5.1.1.- SISTEMA DE CAPTACIÓN:

El sistema de captación está dividido en 5 apartados.

##### Apartado nº1: Alimentación de fibra

A continuación se presenta una tabla valorando los puntos fuertes y puntos débiles de todas las alternativas que se han estudiando para realizar la labor de introducir la fibra en el carro mezclador. De ese modo se podrá valorar de un solo vistazo cual de las opciones es la más adecuada para adoptarla como alternativa correcta. Una vez seleccionada se justificará y explicará detenidamente sus características técnicas.

Estas son las alternativas que se han barajado:

- A. Alimentación de fibra mediante picadora de paja
- B. Alimentación de fibra mediante cintas transportadoras en pendiente
- C. Alimentación mediante cintas transportadoras en horizontal

	A	B	C
Programa de necesidades	Si cumple *	Si cumple “justo”	No cumple
Precio	Medio	Medio	Bajo *
Comodidad	Muy alta *	Media-baja	Baja
Precisión al dosificar	Muy buena *	Buena	Mala
Consumo de energía	Alto	Medio *	Medio *

(\* = Mejor valoración)

**La alternativa A** es la más adecuada, principalmente porque es la única que cumple estrictamente el programa de necesidades establecido por el promotor y, como podemos observar en la tabla, es la que más aspectos positivos tiene.



La alternativa A es la única que respeta las necesidades número 5 y número 6. La número 5 (el sistema automático que prepara la comida debe de ser autosuficiente un mínimo de 2 días), con el sistema A con la picadora de paja, es capaz de almacenar el máximo de 8 pacones. Y número 6 (la pala cargadora debe tener espacio suficiente para cargar el carro mezclador con el cazo de alto volteo), al estar la máquina picadora de paja conectada únicamente mediante un tubo (diámetro aproximado de 30 centímetros) con el carro mezclador, la pala cargadora puede vaciar cualquier cosa sobre el carro mezclador.

La alternativa B cumple con la necesidad N°5 pero no con la necesidad N°6, ya que al desembocar las cintas en el carro mezclador con el pacón entero, el espacio que se queda para introducir el cazo de la pala cargador es muy reducido, y es peligroso porque al haber tan poco espacio se puede golpear accidentalmente las cintas de fibra fácilmente.

La alternativa C no cumple con las necesidad N°5 y N°6.

Respecto al precio la alternativa A es algo más cara porque incorpora un motor adicional, que no poseen la alternativa B y C, este motor adicional se encarga del picado de la fibra.

La comodidad a la hora de realizar la labor de cargado y cortado de cuerdas en los pacones, la alternativa A es mucho mejor que el resto, porque en esta los pacones están siempre horizontales a la altura del suelo y esta posición es muy cómoda para cortar las cuerdas. Al contrario que en las alternativas B y C, que los capones están elevados y es muy incomodo de realizar la labor de cargado y cortado de cuerdas en los pacones.

La precisión de dosificación, en la alternativa A es muy buena, ya que la fibra va picada y al trabajar con fibras pequeñas, se controla muy bien la cantidad que se introduce



en el carro mezclador. En la alternativa B la dosificación es buena porque las cintas están inclinadas y en la alternativa C la dosificación es mala porque las cintas están horizontales.

El consumo de energía eléctrica en la alternativa A es mayor que en las alternativas B y C, por el motor eléctrico adicional que antes he nombrado. Al tener más motores, más consumo eléctrico.

Descripción de las características técnicas de la alternativa A (picadora de fibra):

Consular Anexo N° III (características técnicas de la maquinaria utilizada).

## Apartado nº2: Almacenamiento en silos de grano y pienso.

A continuación se muestra una tabla valorando los puntos fuertes y puntos débiles de todas las alternativas que se han estudiado para realizar la labor de descargar los tractores y remolques que lleguen a la nave, y llenar con esa materia prima los silos. De ese modo se podrá valorar de un solo vistazo cuál de las opciones es la más adecuada para adoptarla como alternativa correcta. Una vez seleccionada se justificará y explicará detenidamente sus características técnicas.

Este apartado está dividido en 3 sub-apartados por lo tanto, se realizarán tres tablas de valores.

### Apartado nº2.1.: Descarga del grano o pienso.

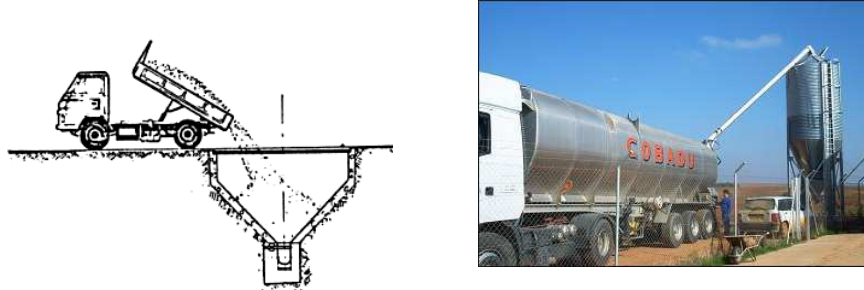
Estas son las alternativas que se han barajado:

- A. Descarga del grano o pienso en una fosa o tolva.
- B. Descarga del grano o pienso en una tolva de recepción pequeña de exterior.
- C. Descarga del grano o pienso directamente a los silos mediante el camino con sinfín.

	A	B	C
Programa de necesidades	No cumple	No cumple	No cumple
Precio	Alto	Medio	Bajo *
Comodidad	Muy alta *	baja	Muy alta *
Sencillez al descargar	Muy sencillo *	Complicado	Sencillo
Consumo de energía	Medio	Medio	Bajo *

(\* = Mejor valoración)

**La alternativa A y C** son las más adecuadas. En este caso ha sucedido que para cumplir con el programa de necesidades establecido por el promotor, se ha tenido que implantar un sistema combinando las dos alternativas que mejor valoración han obtenido en la tabla.



Ninguna de las tres alternativas (A, B y C) cumplía con la necesidad N°9 El sistema automático para preparar la comida debe contar con 3 silos para pienso (cada uno de 20m<sup>3</sup>) y que se puedan rellenar fácilmente mediante camiones sinfín y tractor. Pero combinando la alternativa A que permite que los tractores descarguen en una piqueta grande y la alternativa C que permite que los camiones con tubo sinfín rellenen los silos, se cumple la necesidad exigida por el promotor.

Sabiendo entonces que son necesarias dos alternativas para cumplir con las necesidades establecidas por el promotor y sabiendo que la alternativa C es indispensable. ¿Porque se ha seleccionado la alternativa A en vez de la alternativa B?

Principalmente por la muy alta comodidad que ofrece la alternativa A frente a la comodidad baja que ofrece la alternativa B, ya que permite descargar todo el remolque de una vez en pocos segundos y el tractor remolque junto a su operario, pueden marcharse de la explotación, para seguir con sus labores cotidianas. Esto es importante porque en general los operarios serán agricultores y estos suelen estar muy ocupados con las labores del campo.

También por la sencillez a la hora de descargar, ya que con la alternativa B es complicado hacer coincidir la tajadera del remolque con la piqueta de recepción pequeña y en la alternativa A es muy sencillo debido a que es una piqueta o foso muy grande, además esta permite incluso que se pueda rellenar la tolva con la pala cargadora.

Descripción de las características técnicas de la alternativa A y C (tolva y camino sinfín):  
Consular Anexo N° III (características técnicas de la maquinaria utilizada).

## Apartado nº2.2.: Elevación del grano o pienso.

Estas son las alternativas que se han barajado:

- A. Elevación del grano o pienso mediante tornillo sinfín.
- B. Elevación del grano o pienso mediante elevador de cangilones.

	A	B
Programa de necesidades	Si cumple *	Si cumple *
Precio	Bajo *	Muy alto
Comodidad	alta	Muy alta *
Mantenimiento	Muy bajo *	medio
Consumo de energía	Bajo *	Alto

(\* = Mejor valoración)

**La alternativa A** es la más adecuada. Ha sido seleccionada principalmente por su bajo precio en comparación a la alternativa B. También es la que más aspectos positivos tiene.



Las dos alternativas cumplen con la necesidad establecida por el promotor N°9. El sistema automático para preparar la comida debe contar con 3 silos para pienso (cada uno de 20m<sup>3</sup>) y que se puedan rellenar fácilmente mediante camiones sinfín y tractor. Ya que tanto la alternativa A y B son capaces de trasladar el cereal para rellenar los silos.

La diferencia entre estas dos alternativas esta fundamentalmente en sus costes, ya que la alternativa A es mucho más sencilla y por lo tanto, precisa de menos mantenimiento, tiene motores eléctricos más pequeños, así que gastara menos energía eléctrica y su precio es más bajo precisamente por esa sencillez constructiva que posee. Por lo contrario la alternativa B es compleja y costosa.

Descripción de las características técnicas de la alternativa A (Tornillo sinfín):

Consular Anexo N° III (características técnicas de la maquinaria utilizada).

### Apartado nº2.3.: llenado de silos.

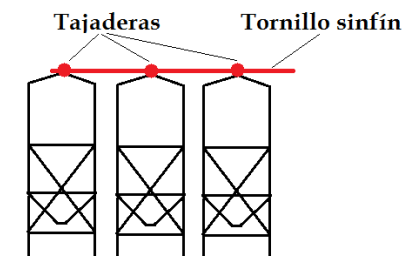
Estas son las alternativas que se han barajado:

- A. Llenado mediante cinta transportadora de banda.
- B. Llenado mediante canalización aprovechando la gravedad.
- C. Llenado mediante tornillo sinfín.

	A	B	C
Programa de necesidades	Si cumple*	No cumple	Si cumple*
Precio	Muy alto	medio	Bajo *
Comodidad	Muy alta*	Media-baja	Baja
Mantenimiento	Alto	Muy bajo *	Muy bajo *
Consumo de energía	Alto	Muy bajo *	bajo

(\* = Mejor valoración)

**La alternativa C** es la más adecuada. Esta ha sido seleccionada principalmente por su bajo precio en comparación a la alternativa A y por cumplir las dos necesidades establecidas al contrario que la alternativa B. También es la que más aspectos positivos tiene.



Las alternativas A, B y C cumplen con la necesidad establecida por el promotor Nº9. El sistema automático para preparar la comida debe contar con 3 silos para pienso (cada uno de 20m<sup>3</sup>) y que se puedan rellenar fácilmente mediante camiones sinfín y tractor. Tanto la alternativa A como C son capaces de trasladar el cereal para rellenar los silos. Sin embargo la alternativa B, a diferencia con las alternativas A y C, no cumple con esta necesidad Nº15. Es condición necesaria que todos sistema tenga todos los elementos bajo techo. Ya que para que este sistema funcione correctamente y el pienso se deslice sin apelmazársela hay que dotar de mucha inclinación a los tubos y estos saldrían de la nave, quedando a la intemperie.





Teniendo en cuenta que las alternativas A y C cumplen con el programa de necesidades, se ha seleccionado la alternativa C debido a que es mucho más sencilla, por lo tanto precisa de menos mantenimiento, tiene menos motores eléctricos y más pequeños, así que gastará menos energía eléctrica y su precio es más bajo precisamente por esa sencillez constructiva que posee. Por lo tanto la alternativa B, no deja de ser muy buena, pero es excesivamente costosa para la poca cantidad de cereal que se va a transportar.

Descripción de las características técnicas de la alternativa C (transportador tornillo sinfín):  
Consular Anexo N° III (características técnicas de la maquinaria utilizada).

### Apartado nº3: Alimentación de grano y pienso.

A continuación se presenta una tabla valorando los puntos fuertes y puntos débiles de todas las alternativas que se han estudiando para realizar la labor de introducir el grano y pienso en el carro mezclador. De ese modo se podrá valorar de un solo vistazo cual de las opciones es la más adecuada para adoptarla como alternativa correcta. Una vez seleccionada se justificará y explicará detenidamente sus características técnicas.

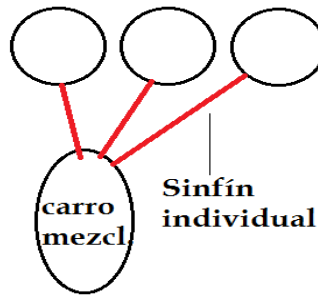
Estas son las alternativas que se han barajado:

- A. Alimentación mediante sinfín individual para cada silo.
- B. Alimentación mediante sinfín común para todos los silos.

	A	B
En caso de avería	Fácil solución *	Difícil solución
Precio	Medio *	Muy alto
Comodidad	alta	Muy alta *
Mantenimiento	Muy bajo *	medio
Consumo de energía	Bajo *	Alto

(\* = Mejor valoración)

**La alternativa A** es la más adecuada. Principalmente porque es la más barata y cómo podemos observar en la tabla es la que más aspectos positivos tiene.



La alternativa A es más barata ya que no necesita células de pesaje adicionales y porque emplea tres motores eléctricos menos que la alternativa B. Además requiere mucho menos mantenimiento únicamente por el hecho de tener menos elementos que reparar y lo mismo sucede con el consumo de energía, ya que tiene menos motores eléctricos que abastecer.

La alternativa A además de ser mucho menos costosa de mantener e instalar, es mucho más sencilla de reparar en caso de avería. Además en el caso de perder un motor de un tornillo sinfín, permite alternativas para poder seguir alimentando el carro mezclador por los otros tornillos sinfín. Al contrario que la alternativa B, que la pérdida de un motor eléctrico supone la inutilización de todo el sistema de alimentación de grano o pienso.

El único aspecto positivo que tiene la alternativa B y que no comparte la alternativa A, es que es mucho más cómodo a la hora de limpiar y ocupa menos espacio en el carro mezclador, ya que solo se introduce un tubo, mientras que en la alternativa A se introducen 6. Sin embargo estos 6 tubos aunque ocupan un espacio excesivo, permiten que se cumpla la necesidad N° 6. La pala cargadora debe tener espacio suficiente para cargar el carro mezclador con el cazo de alto volteo. Por lo tanto no supone ningún problema.

Descripción de las características técnicas de la alternativa A (sinfín individual):

Consular Anexo N° III (características técnicas de la maquinaria utilizada).

#### Apartado nº4: Toma de fuerza del carro mezclador.

En este apartado se va a hacer una tabla valorando los puntos fuertes y puntos débiles de todas las alternativas que se han estudiado para realizar la labor de general la energía necesaria para mover el carro mezclador. De ese modo se podrá valorar de un solo vistazo cual de las opciones es la más adecuada para adoptarla como alternativa correcta. Una vez seleccionada se justificará y explicará detenidamente sus características técnicas.

Estas son las alternativas que se han barajado:

- A. Toma de fuerza mediante motor eléctrico.
- B. Toma de fuerza mediante motor de combustión interna.
- C. Toma de fuerza directamente del cardan del tractor existente.

	A	B	C
Programa de necesidades	Si cumple*	Si cumple *	No cumple
Precio	Medio	Medio-alto	Bajo *
Comodidad	Alta *	Media	Muy baja
Contaminación	Baja *	Alta	Muy alta
Consumo de energía	Muy bajo *	Alto	Muy alto
Necesidad de reductor	Si	Si	No *

(\* = Mejor valoración)

**La alternativa A** es la más adecuada. Principalmente porque cumple con el programa de necesidades y porque es la que menos consume. También podemos observar en la tabla de que es la que más aspectos positivos tiene.

La alternativa A y B cumplen con la necesidad N°13. Porque no usan el tractor que en la actualidad mueve el carro mezclador para nada. Pero La alternativa C no la cumple, ya que mínimo, una vez al día el tractor se está usando durante 2 horas para hacer la comida.

Entre la alternativa A y la B, se escoge A porque consume menos, pero también porque el motor es más pequeños y es más cómodo de apartar, cuando hay que sacar el carro.

Descripción de las características técnicas de la alternativa A (motor eléctrico):

Consular Anexo N° III (características técnicas de la maquinaria utilizada).

## Apartado nº5: Transmisión de la potencia desde el elemento generador hasta el elemento receptor (carro mezclador).

A continuación se presenta una tabla valorando los puntos fuertes y puntos débiles de todas las alternativas que se han estudiado para realizar la labor de transmitir la potencia desde el elemento generador hasta el eje del carro mezclador. De ese modo se podrá valorar de un solo vistazo cual de las opciones es la más adecuada para adoptarla como alternativa correcta. Una vez seleccionada se justificara y explicara detenidamente sus características técnicas.

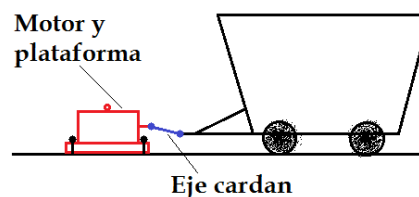
Estas son las alternativas que se han barajado:

- A. Elemento generador situado en un agujero y transmisión por correas.
- B. Elemento generador montado en una plataforma móvil y transmisión aprovechando la toma de fuerza cardan del carro mezclador.

	A	B
Programa de necesidades	Si cumple *	Si cumple *
Precio	Alto	Medio *
Comodidad	Muy baja	Muy alta *
Mantenimiento	Medio *	Medio *

(\* = Mejor valoración)

**La alternativa B** es la más adecuada. Principalmente debido a la comodidad. Pero también podemos observar en la tabla que es la que más aspectos positivos tiene.



Las dos alternativas cumplen con la necesidad N° 3. Espacio libre para sacar el carro.

Pero se ha seleccionado la B porque es la que más comodidad aporta al operario, en el caso de necesitar desconectar el motor eléctrico, apartarlo y conectar el tractor al carro.

Descripción de las características técnicas de la alternativa B (reductor, transmisión eje cardan):

### 5.1.2.- SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN:

El sistema de distribución está dividido en 3 apartados.

#### Apartado nº1: distribución de la mezcla.

En este apartado se muestra una tabla valorando los puntos fuertes y puntos débiles de todas las alternativas que se han estudiado para realizar la labor de distribuir la mezcla preparada a lo largo de toda la nave de las ovejas. De ese modo se podrá valorar de un solo vistazo cual de las opciones es la más adecuada para adoptarla como alternativa correcta. Una vez seleccionada se justificará y explicará detenidamente sus características técnicas.

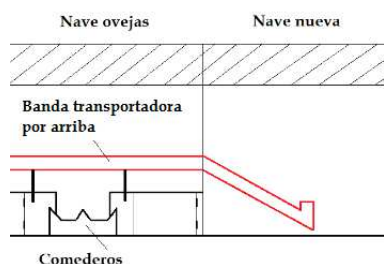
Estas son las alternativas que se han barajado:

- A. Transporte de la comida mediante una cinta transportadora de banda por arriba
- B. Transporte de la comida mediante una cinta transportadora de banda por abajo

	A	B
Programa de necesidades	Si cumple *	No cumple
Precio	Medio *	Medio *
Comodidad	alta *	Muy baja
Mantenimiento	Bajo*	Bajo*
Consumo de energía	Medio *	Medio *

(\* = Mejor valoración)

La **alternativa A** es la más adecuada. Principalmente por cumplir las necesidades además podemos observar en la tabla que es la que más aspectos positivos tiene.



Se ha elegido la A porque a diferencia de la B, esta sí que cumple con la necesidad Nº 4. La cinta no debe entorpecer el actual método manual de distribución de comida.

Descripción de las características técnicas de la alternativa A (cinta distribuidora):

Consular Anexo Nº III (características técnicas de la maquinaria utilizada).

## Apartado nº2: Acometida a los comederos existentes.

Se ha elaborado como en los casos anteriores una tabla valorando los puntos fuertes y puntos débiles de todas las alternativas que se han estudiando para realizar la labor de introducir la mezcla desde la cinta que la distribuye hasta los comederos. De ese modo se podrá valorar de un solo vistazo cual de las opciones es la más adecuada para adoptarla como alternativa correcta. Una vez seleccionada se justificará y explicará detenidamente sus características técnicas.

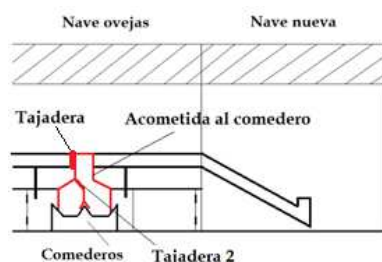
Estas son las alternativas que se han barajado:

- A. Dosificación mediante tajadera
- B. Dosificación mediante carro móvil.

	A	B
Programa de necesidades	Si cumple *	Si cumple *
Precio	Medio *	Muy alto
Comodidad	alta *	Alta *
Mantenimiento	Bajo*	Alto
Consumo de energía	Medio *	Alto

(\* = Mejor valoración)

**La alternativa A** es la más adecuada. Principalmente por el precio. Pero también podemos observar en la tabla es la que más aspectos positivos tiene.



Las dos cumplen con la necesidad Nº 4. El sistema de distribución no debe entorpezca el actual método manual de distribución de comida. Pero teniendo en cuenta que las dos realizan la tarea con la misma efectividad en comparación la B es muy cara y costosa.

Descripción de las características técnicas de la alternativa A (acometida con tajadera):

### Apartado nº3: Expulsión de la mezcla.

A continuación se muestra una tabla valorando los puntos fuertes y puntos débiles de todas las alternativas que se han estudiando para realizar la labor de sacar cualquier tipo de mezcla errónea del carro mezclador y dejarla en un sitio de fácil acceso. De ese modo se podrá valorar de un solo vistazo cual de las opciones es la más adecuada para adoptarla como alternativa correcta. Una vez seleccionada se justificará y explicará detenidamente sus características técnicas.

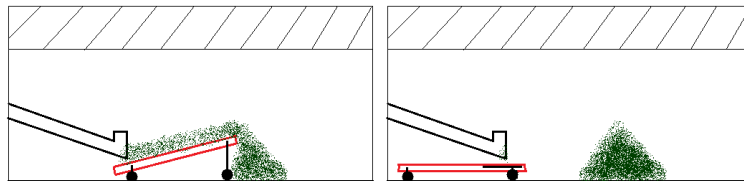
Estas son las alternativas que se han barajado:

- A. Cinta transportadora inclinada fija.
- B. Cinta transportadora inclinada móvil.
- C. Cinta transportadora inclinada variable, desde 0° a 90°.

	A	B	C
Programa de necesidades	No cumple	Si cumple*	Si cumple*
Precio	Bajo *	Bajo *	Medio-alto
Comodidad	Muy baja	Media	Alta *
Consumo de energía	Bajo *	Bajo *	Bajo *

(\* = Mejor valoración)

**La alternativa B** es la más adecuada, principalmente por su bajo precio y costo. En este caso tenemos un empate en la tabla de valores.



Las alternativas B y C cumplen con la necesidad N°10. Es necesario que se pueda sacar la comida del carro mezclador y echarla en algún lugar de fácil acceso para manipularla con la pala cargadora. Por lo contrario la A no lo cumple, así que es descartada.

Entre B y C se escoge B porque es el de menor precio. Y aunque no sea el que más comodidad aporte, no deja de ser un sistema cómodo y de fácil uso para el operario.

Descripción de las características técnicas de la alternativa B (cinta inclinada móvil):



### 5.1.3.- SISTEMA DE RECOGIDA:

En este apartado se presenta una tabla valorando los puntos fuertes y puntos débiles de todas las alternativas que se han estudiando para realizar la labor de recoger toda la comida sobrante y transportarla hasta un punto de fácil acceso. De ese modo se podrá valorar de un solo vistazo cual de las opciones es la más adecuada para adoptarla como alternativa correcta. Una vez seleccionada se justificara y explicara detenidamente sus características técnicas.

Estas son las alternativas que se han barajado:

- A. Recogida mediante sistema neumático de aspiración.
- B. Recogida mediante cintas transportadoras bajo suelo.
- C. No automatizar la recogida de restos de comida.

	A	B	C
Programa de necesidades	No hay necesidad	No hay necesidad	No hay necesidad
Precio	Muy alto	Muy alto	Bajo *
Comodidad	Muy alta*	Alta	Media
Mantenimiento	Alto	Alto	Bajo *
Consumo de energía	Muy Alto	Medio	Ninguno *

(\* = Mejor valoración)

**La alternativa C** es la más adecuada para este caso.

El promotor no dicta que sea necesario automatizar la recogida de comida, simplemente quiere que se valore si la automatización de recogida de comida, compensa o no compensa.

Así que nos encontramos ante el caso de que debemos decidir si realmente es factible realizar la labor de recogida de los restos automáticamente o por lo contrario compensa mas hacer la labor manualmente y ahorrarse el coste de esta instalación automática.

¿Compensa automatizar una labor que solo se hace una vez a la semana y conlleva 20 min?

La decisión ha sido que no compensa invertir dinero en instalar las alternativas A o B ya que la mejora no es significativa, porque no reduce apenas la jornada de trabajo.

Siempre hay que saber dónde está la barrera que separa lo necesario de lo no necesario.





#### 5.1.4.- RESUMEN DE LAS ALTERNATIVAS SELECCIONADAS:

A continuación se representa una tabla donde aparecen todas las alternativas elegidas para los sistemas de captación, distribución y recogida de comida. De este modo se puede consultar que tipo de máquina emplea cada sistema.

Tabla resumen.

Sistema	Alternativa
Alimentación de fibra.	Alimentación de fibra mediante picadora de paja
Descarga del grano o pienso.	Descargar en una tolva y mediante camión con sinfín.
Elevación del grano o pienso.	Elevación del grano o pienso mediante tornillo sinfín
Llenado de silos.	Llenado mediante tornillo sinfín.
Alimentación de grano y pienso.	Alimentación mediante sinfín individual para cada silo.
Toma de fuerza del carro mezclador.	Toma de fuerza mediante motor eléctrico.
Transmisión de la potencia desde el elemento generador hasta el elemento receptor (carro mezclador).	Elemento generador montado en una plataforma móvil y transmisión aprovechando la toma de fuerza cardan del carro mezclador.
Distribución de la mezcla.	Transporte de la comida mediante una cinta transportadora de banda por arriba
Acometida a los comederos existentes.	Dosificación mediante tajadera
Expulsión de la mezcla.	Cinta transportadora inclinada móvil.
Sistema de recogida.	No automatizar la recogida de restos de comida.

## 5.2.- UBICACIÓN DE TODO EL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN:

En este apartado se va a hacer una tabla valorando los puntos fuertes y puntos débiles de todas las alternativas que se han estudiado para situar la ubicación de todo el sistema de alimentación. De ese modo se podrá valorar de un solo vistazo cual de las opciones es la más adecuada para adoptarla como alternativa correcta. Una vez seleccionada se justificará y explicará detenidamente sus características técnicas.

Estas son las alternativas que se han barajado:

- A. Situar todos los sistemas en el interior del almacén de fibra.
- B. Situar todo el sistema en una nave nueva junto a la nave de las ovejas piñón sur.
- C. Situar todo el sistema en una nave nueva junto a la nave de las ovejas piñón norte.

	A	B	C
Programa de necesidades	Si cumple “justo”	Si cumple*	Si cumple*
Precio	Medio*	Alto	Alto
Comodidad	Muy baja	Muy alta*	Alta

(\* = Mejor valoración)

**La alternativa B** es la más adecuada. Principalmente porque cumple con el programa de necesidades y por la comodidad que ofrece. Además es la que más aspectos positivos tiene.



Las alternativas B y C cumplen con todas las necesidades exigidas por el promotor. Pero la alternativa A no las cumple, por falta de espacio ya que la nave almacén que se nombra en esta alternativa, está diseñada para una labor que no es la de albergar este sistema automatizado de alimentación. Por lo tanto es descartada, aunque habría sido una alternativa muy barata, ya que de haber tenido espacio suficiente nos habríamos ahorrado todos los costes que conlleva construir una nave nueva.

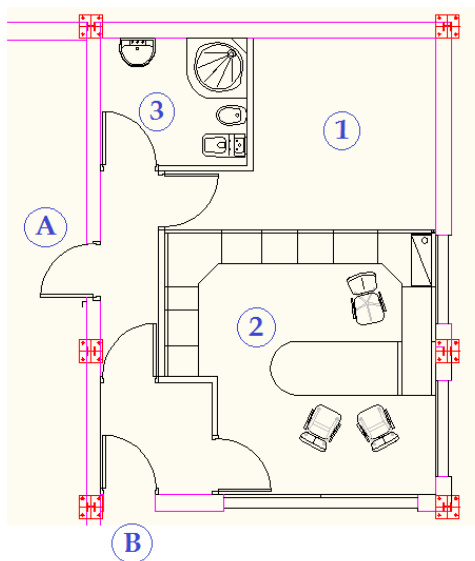
Entre B y C se elige B por estar cerca de la toma eléctrica, toma de agua, toma neumática...

### 5.3.- ZONA DE LA OFICINA.

Tras el estudio de las diferentes alternativas constructivas que se presentan para conseguir que la caseta de la oficina cumpla con el objeto planteado por el promotor, se va a definir a continuación, cómo va a estar distribuida en planta la caseta de la oficina y se detallará como será estructuralmente.

La distribución en planta se justifica, comprobando que la necesidad N° 14 se cumple:

N°14. La oficina debe disponer de entrada desde el exterior y entrada desde el interior de la nave nueva. Necesita un cuarto de unos 16m<sup>2</sup> para oficina, otro segundo cuarto de unos 10m<sup>2</sup> para situar el autómata que controlara el sistema automático y un baño de unos 5m<sup>2</sup>.

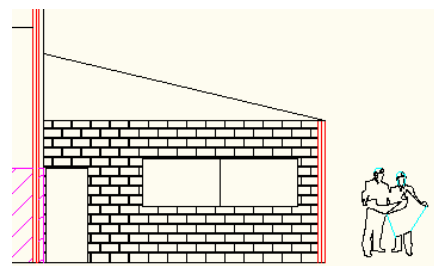
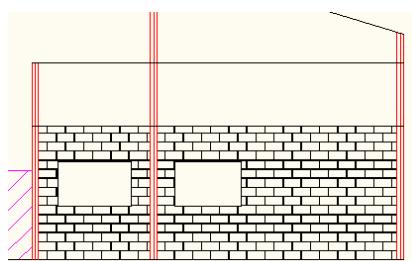


A- Entrada desde el interior de la nave.

B- Entrada desde el exterior.

1. Cuarto autómata (11.50 m<sup>2</sup>)
2. Cuarto para oficina (21.96 m<sup>2</sup>)
3. Cuarto para baño (5.33 m<sup>2</sup>)
4. Total metros (49.61 m<sup>2</sup>)

El diseño estructural no está sujeto a ninguna necesidad exigida por el promotor así que hay libertad para dar una solución adecuada. Esta solución ha sido la siguiente:



La estructura es de acero, con tres pórticos a un agua y con una inclinación de 13°, los muros son de bloque aislante, y la cubierta es de panel sándwich. Además dispone de un falso techo para que los espacios sean más reducidos y así se conserva mejor el calor.

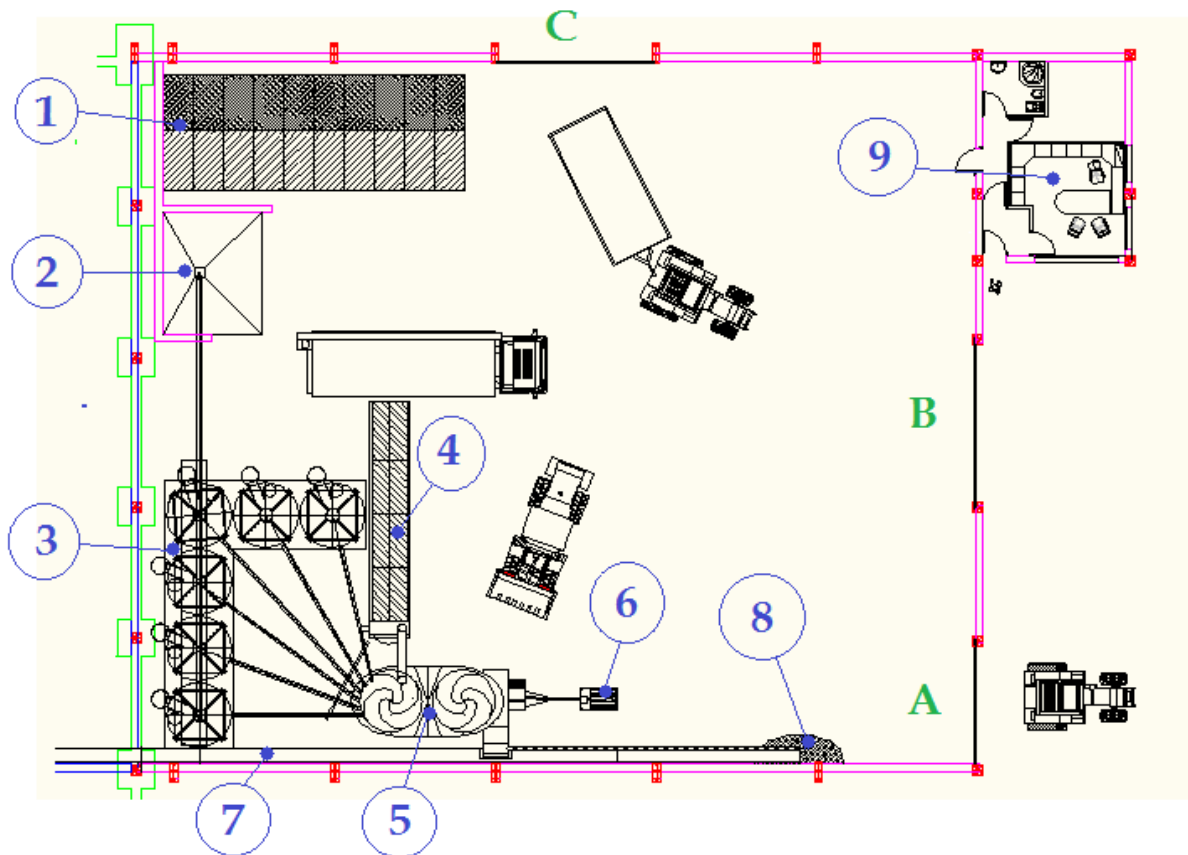
Doc.4 Planos (Plano N° 4.9). Aquí encontraremos los planos de la oficina acotados.

## 5.4.- DISTRIBUCIÓN EN PLANTA:

Una vez tenemos claras todas las necesidades exigidas por el promotor, tenemos seleccionados todos los sistemas, sabemos las dimensiones de todo los sistemas que forman el sistema automático de alimentación, sabemos dónde va a estar ubicada la nave que protege todo el sistema automático y sabemos cómo va a ser la caseta de la oficina, podemos hacer una correcta distribución en planta de todos los elementos que forman el sistema automático de alimentación para ovino.

Tras el estudio de varias alternativas para la distribución en planta, esta ha sido seleccionada por ser la más adecuada debido a que cumple estrictamente con el programa de necesidades y por ser la alternativa que más confort y seguridad ofrece al operario a la hora de trabajar. También tiene espacio sobrante para posibles ampliaciones.

El piñón que contiene las puertas A y B mide 28.50 metros, la fachada longitudinal contiene las puertas C mide 33.54 metros. En total tenemos una superficie de 956.277m<sup>2</sup>



1- Stock de fibra

2- Piquera de abastecimiento.

3- Silos.

4- Picadora de fibra.

5- Carro mezclador.

6- Motor eléctrico.

7- Cinta de distribución.

8- Cinta de expulsión de comida.

9- Oficina

A, B, C- Puertas.



A continuación se va a justificar porque con esta distribución de área se cumple estrictamente el programa de necesidades establecido por el promotor.

Necesidad N° 1. Como se puede observar el carro mezclador es el mismo que se está empleando en la actualidad en la explotación y se puede mover ya que su sistema motriz sigue intacto.

Necesidad N° 2. En la distribución existe la puerta A, la cual permite que el tractor entre, enganche el carro y salga, sin maniobras complejas.

Necesidad N° 3. Como se puede observar en la imagen los únicos elementos que están en medio son el motor eléctrico y la cinta de expulsión de comida. Pero estos elementos ya tienen un sistema, explicado anteriormente, que les permite ser apartados.

Necesidad N° 6. Como se ve en la figura, hay espacio para introducir cosas con la pala.

Necesidad N° 7. Hay sitio para descargar el remolque en la piqueta, con cualquier tractor.

Necesidad N° 8. Las puertas B y C, permiten la fácil circulación de tractores y camiones.

Necesidad N° 9. Hay sitio para rellenar los silos, con cualquier tipo de camino sinfín.

Necesidad N° 10. La comida que cae donde la cinta de expulsión, está muy a mano.

Necesidad N° 11. Hay espacio suficiente para tener el stock que quiere el promotor.

Necesidad N° 12. La fibra se puede cargar en la picadora de manera muy sencilla.

Necesidad N° 14. La oficina se encuentra fuera de la nave tal y como quería el promotor.

Necesidad N° 15. Como se puede ver todos los sistemas están en el interior de la nave.

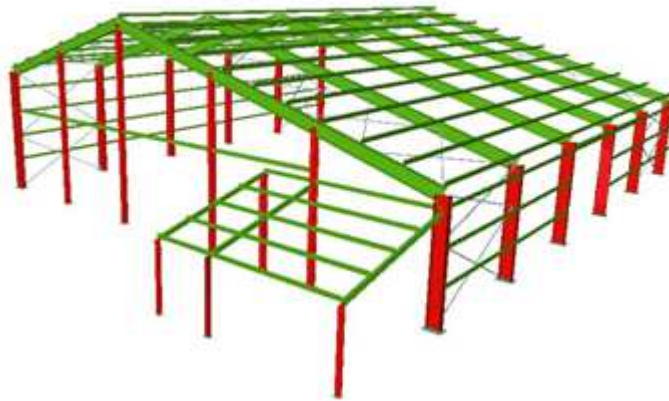
Doc.4 Planos (Apartado 5 Maquinaria). Describe la ubicación de cada máquina.

## 5.5.- DISEÑO DE LA NAVE NUEVA:

El sistema de distribución está dividido en 5 apartados

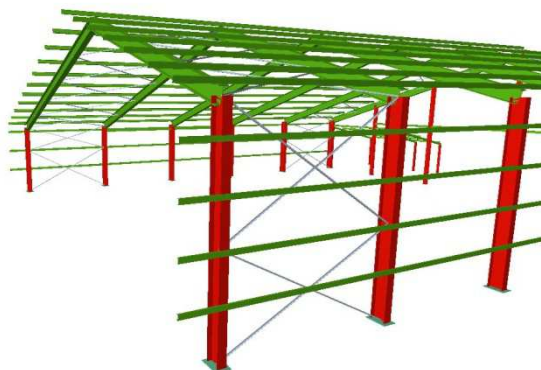
### Apartado nº1: Tipo de estructura.

Se ha decidido hacer la estructura de acero. Principalmente porque es más versátil. Es decir que se pueden acoplar enganches, pilares, vigas... De forma muy sencilla gracias a la soldadura. Este punto es importante porque las naves diseñadas para sistemas de alimentación automáticos, lo más seguro es que necesite modificaciones futuras, debido a que el agricultor necesite cambiar la dieta de las ovejas



### Apartado nº2: Unión con la nave de ovejas.

Se ha decidido realizar la unión mediante voladizo de la nave nueva hasta la nave de las ovejas. Consiste en prolongar las correas de fachada y cubierta de la nave nueva hasta que toquen la fachada y cubierta del piñón de la nave de las ovejas. Esta solución proporciona a la nave nueva la condición de nave independiente respecto a la nave de las ovejas y ha sido seleccionada principalmente porque es una solución constructivamente más sencilla. En la imagen podemos observar que las correas sobresalen de los pilares y dinteles del Piñón norte aproximadamente 1,4 metros.



### Apartado nº3: Tipo de pórticos.

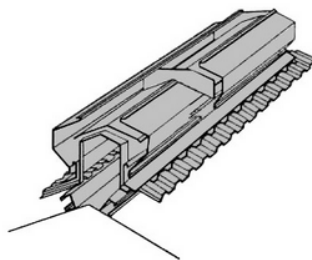
Se ha decidido realizar pórticos asimétricos, con la misma inclinación que la nave actual y con la cumbrera a la misma altura.



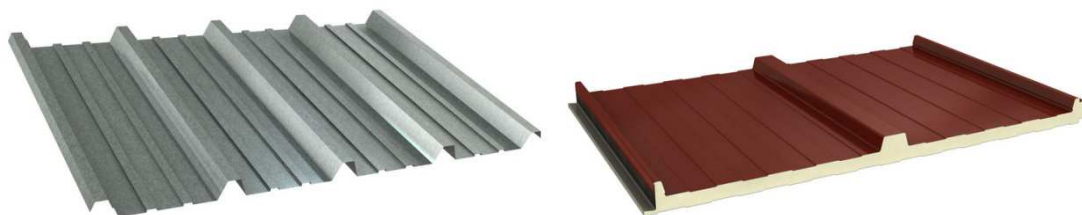
Esta alternativa ha sido seleccionada principalmente por tener los dos lados de la cubierta a la misma cota de altura que la nave vieja de las ovejas, de este modo la cubierta de la nave nueva se acopla de manera muy sencilla a la cubierta de la nave vieja y no tendremos ningún problema de humedades. De todas formas es cierto que con esta alternativa tenemos una nave con más altura, así que disponemos de más  $m^3$  para la misma superficie. Y al tener continuidad en la cumbrera los aireadores estáticos funcionan mejor.

### Apartado nº4: Tipo de ventilación.

Se ha decidido emplear la ventilación estática-lineal mediante aireadores colocados en cumbrera. Principalmente porque la nave nueva y la vieja comparten cumbrera y esta continuidad hace que el aireador trabaje de forma eficiente, ya que no se generan corrientes perjudiciales ni turbulencias extrañas.



### Apartado nº5: Tipo Cerramientos (cubierta y fachada).



En fachada se empleara chapa plegada, por su bajo coste. En cubierta se emplearan paneles sándwich, para que no se produzca condensación y así no gotee agua dentro de la nave.





## 5.6.- FUNCIONAMIENTO:

En este último apartado lo que se pretende es explicar todo el funcionamiento de todos los sistemas diseñados para llevar a cabo el objeto propuesto por el promotor que es, automatizar todo el sistema de alimentación.

Comenzaré aclarando que este sistema está controlado por un autómata programable, al cual están conectados todos los sistemas, motores, cintas transportadoras, células de pesaje, válvulas electro neumáticas, sensores fotoeléctricos...

### **Abastecimiento de materia prima.**

Para que este sistema automático funcione debe tener materia prima, por lo tanto hay que abastecer al sistema de esta materia prima. Comenzaremos con el llenado de los silos de cereal y pienso.

A la hora de cargar el cereal, el tractor cargado con grano (maíz, cebada...) entra a la nave nueva por una de las puertas, y se coloca marcha atrás al lado de la tolva, después el tractorista descarga completamente el contenido del carro en el interior de la tolva y se marcha, por la otra puerta, sin necesidad de realizar maniobras complejas. Cuando el operario de la nave es avisado, se dirige al silo correspondiente abre la tajadera de este desde abajo mediante unas cadenas y para terminar entra en el cuarto del autómata situado en la oficina y le da marcha al sistema tornillo sinfín elevador y tornillo sinfín transportador. Hecho esto el operario prosigue sus labores cotidianas mientras el cereal se va introduciendo en el silo. Aproximadamente a la hora vuelve y comprueba si se ha terminado de subir todo el cereal, y si es así para el sistema desde el cuarto del autómata. Este proceso es el mismo para maíz, cebada...

En el caso de que todos los silos estuviesen llenos y surge la necesidad de tener más cantidad de cereal almacenado, siempre está la opción de descargar el cereal en el almacén que dispone la explotación, y según se va vaciando el silo, se puede ir rellenando este, transportando el cereal a cazos con la pala cargadora e ir descargándolos en la tolva.

A la hora de cargar el pienso, el camino dispuesto de tornillo sinfín entra por una puerta se coloca a la distancia necesaria, extiende el tornillo sinfín telescópico, haciendo coincidir la punta del tubo con la boca del silo correspondiente y va llenando el silo. Una vez lo ha





llenado, repliega el tornillo sinfín y se marcha por la otra puerta, sin necesidad de realizar maniobras complejas. Este proceso es el mismo para todo tipo de pienso.

A la hora de mantener el stock de fibra, el operario va trayendo pacones periódicamente mediante la pala cargada, desde el almacén de fibra que se encuentra a unos 100 m.

Por último a la hora de cargar los pacones de fibra en las cintas de la picadora, el operario montado en la pala cargadora va colocando los pacones uno a uno rellenando todo por completo la cinta, una vez llena les corta las cuerdas a todas menos a la última de cada fila. Esto se hace para que actúen de pacones empujadores y así no se deshaga el pacón en la cinta. Según se va consumiendo la fibra el operario va haciendo el mismo proceso, dejando siempre la última con las cuerdas sin cortar.

### **Preparación de la mezcla:**

Una vez el sistema dispone de toda la materia prima necesaria para realizar la mezcla, Comienza el proceso automático de preparación de la mezcla.

El operario previamente ha programado el autómata con dietas diferentes para cada temporada del año y estado del animal. Este autómata también está programado para realizar todo el proceso de preparación de comida de forma totalmente automática. Por lo tanto cuando da la hora programada, el sistema arranca y se pone a preparar la comida. Lo hace de la siguiente orden.

Primero se pone en marcha la picadora de paja y va introduciendo paja picada al interior del carro mezclador hasta que la célula de pesaje que dispone el carro mezclador detecta que se ha llegado a la mitad del peso de fibra establecido para el tipo de dieta que se está preparando. Llegado este punto el autómata apaga la picadora de fibra junto con sus cintas y pone en marcha el motor eléctrico que acciona las cuchillas del carro mezclador.

Este se deja funcionando durante 2 minutos. Esto se hace para que la fibra se reparta uniformemente en el interior del carro mezclador y no se acumule toda en un punto, evitando así, que se sobre la fibra del carro mezclador. Pasados estos cuatro minutos, se apaga el motor del carro mezclador y se vuelve a conectar la picadora de fibra, esta vez se



introduce el 100% de la fibra necesario. Una vez la fibra esta dentro se desconecta la picadora y se pone en marcha el carro mezclador.

Esta maniobra de no tener los motores de la picadora simultáneamente funcionando con el motor del carro mezclador, se hace para no tener que contratar una potencia eléctrica capaz de abastezca el funcionamiento simultaneo de estos dos sistemas (picadora) y (motor carro mezclador), ya que son los que más energía eléctrica consumen. De este modo solo tendremos que contratar la potencia eléctrica correspondiente capaz de suministrar energía al motor de mayor potencia, teniendo en cuenta también el resto de pequeños elementos eléctricos (sinfines, cintas transportadoras, luminarias...)

Esta maniobra está asegurada eléctricamente, para que sea físicamente imposible hacer funcionar el motor del carro mezclador, con los motores de la picadora. Tanto automáticamente, como manualmente. Con esta medida de seguridad, nos aseguramos de no sobrecargar el sistema eléctrico y así no producir un apagón.

Inmediatamente después se van introduciendo uno a uno los cereales y los piensos. Se hace uno a uno, por el simple motivo de que solo contamos con una célula de pesaje, y si introdujésemos más de un elemento a la vez, sería imposible saber qué cantidad de cada elemento se ha echado.

Para tener total precisión a la hora de meter cereal o pienso con un tornillo sinfín, se ha pesado la cantidad de cereal que sigue echando el sinfín desde que se desconecta el motor hasta que se para, y se han descontado estos gramos de la cantidad total. De este modo la dosificación es mucho más precisa

Esto sucede debido a que una vez desconectado el motor, este sigue girando unos segundos más debido a la inercia. Este problema se puede solucionar, instalando motores con frenos, pero sin duda la solución adoptada es mucho más barata.

Una vez el carro tiene en su interior la fibra, los cereales y los piensos se para el carro mezclador.

Cuando el sistema detecta que queda media hora para el reparto de la comida, se conecta el carro mezclador y se comienza a introducir el elemento aglutinante. Se va introduciendo este elemento mientras las cuchillas del carro mezclador giran para que se mezcle bien.



El elemento aglutinante tiene la función de que a las ovejas, la comida no les llegue en una nube de polvo. De normal se suele usar melaza, que evita que la mezcla fermente. Pero en este caso como la mezcla se consume cada día, no hay inconveniente en sustituir la melaza por agua (que es más barata), ya que no hay tiempo para que fermente la mezcla. Hay colocada una manguera de agua, conectada a la tubería de 2" (mencionada en el punto 3.3.2.) y esta tubería tiene en su extremo una válvula de bola accionada mediante un cilindro neumático de doble efecto .

Este cilindro está gobernado por una electroválvula-neumática biestable, a su vez la cual está gobernada por el autómatas. La válvula de bola accionada por el cilindro neumático desemboca en el carro mezclador y es por donde se suministra el agua a la mezcla.

Una vez la célula de pesaje del carro detecta que se ha introducido toda el agua correspondiente para esa dieta, se corta el suministro de agua.

Para finalizar con la mezcla el carro sigue mezclando todos los elementos durante unos 5 minutos y ya está la mezcla preparada.

## **Distribución de la mezcla:**

Una vez el sistema dispone de la mezcla preparada, se puede comenzar con la distribución de la comida correspondiente a cada comedor.

Lo primero que se hace es cerrar las tajaderas que impiden que las ovejas metan la cabeza en los comederos. De este modo las ovejas no entorpecerán la distribución de la comida en el comedero y la distribución será homogénea.

A continuación, se pone en marcha la cinta distribuidora y simultáneamente se cierra el paso a la comida mediante la tajadera y se abre la puerta de la acometida del comedero que en cada caso corresponda. A continuación con el carro mezclador en marcha, se abre la compuerta y se empieza a introducir comida en la cinta distribuidora. Esta compuerta (elemento interno del carro mezclador y accionado por unos pistones hidráulicos, propios del carro mezclador) se cierra cuando la célula de pesaje del carro mezclador ha detectado que del carro ha salido la cantidad de comida correspondiente a un comedero (en cada caso el peso que toque a cada comedero.)



Según se va transportando la comida sobre la cinta distribuidora, ira cayendo al comedero correspondiente y gracias a los detectores fotovoltaicos colocados justo al principio de cada comedero, podremos detectar cuando empieza a caer comida para que en ese momento se ponga en marcha la cinta (con una velocidad calculada de antemano, mediante unas pruebas, teniendo en cuenta que el flujo de salida de la comida del carro y la velocidad de la cinta distribuidora son constantes.)

Puede darse el caso de que se produzca un atasco en las tajaderas situada encima de los comederos, ya que es un punto crítico del sistema. Esto produciría que la comida deje de caer y si no tuviéramos los sensores fotovoltaicos, la cinta del comedero seguiría desplazándose sin comida. Pero gracias de nuevo a estos sensores, en cuanto se detecta que no cae comida se para la cinta. Simultáneamente el sensor también activa el modo vibrador de la tajadera, de modo que el atasco de fibra se deshace y vuelve a caer al comedero. De nuevo otra vez el sensor fotovoltaico detectaría el paso de comida, se pondrá la cinta en marcha y la tajadera volvería al estado de bloqueo de comida en reposos.

El sistema tiene un protocolo de seguridad que consiste en que si pasado 1 minuto desde el cierre de la compuerta del carro mezclador, el sensor fotoeléctrico no detecta el paso de comida y tras 10 segundos de modo vibrador de la tajadera, sigue sin haber detección de comida, esto significa que toda la comida ya está en el correspondiente comedero. Así que la tajadera de ese comedero deja paso libre a la comida, se cierra la puerta de esa acometida para que no caiga comida al comedero equivocado y se vuelve a repetir el proceso con el siguiente comedero. Por lo contrario si sucede algo extraño, significa que la comida no ha llegado y que hay algún problema que el operario debe solucionar.

Para finalizar se abren las tajaderas que permiten que las ovejas comen del comedero.

Este sistema automático, cuenta con un sistema de seguridad, que consiste en que, en el caso de que se detecte cualquier error, tanto a la hora de que el carro detecte que alguna materia prima ha sido dosificada en exceso o en defecto, o que el sistema de distribución ha detectado que toda la comida no ha llegado al comedero, inmediatamente el autómatas pone el sistema en espera y se pone en contacto vía telefónica con el operario o encargado. Resumiendo si se detecta que algo no va como debería de ir, el sistema se para y llama al encargado. De este modo no se producen desastres ni averías importantes.



## 6.2.- ELEMENTOS Y SISTEMAS CONSTRUCTIVOS:

### 6.2.1.- MOVIMIENTO DE TIERRAS:

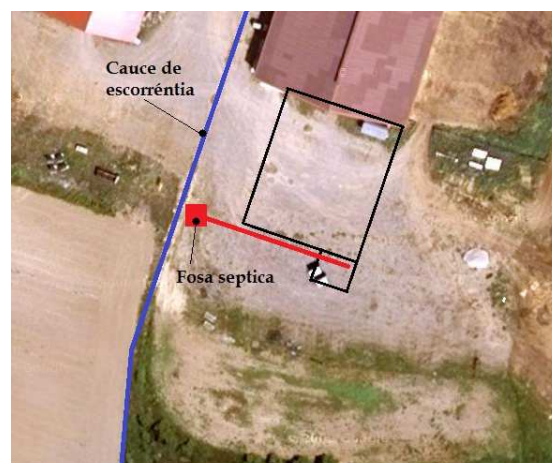
Se va a desbrozar y limpiar superficialmente la parcela de (40,56 x 29,52) 1197,33 m<sup>2</sup>. Después se excavara la parcela a cielo abierto por medios mecánicos 0.38 m de profundidad. A continuación se realizaran las excavaciones de las zanjas y pozos, por medios mecánicos. Luego se compactara el terreno, sin aporte de tierras, con regado y sin definir grado de compactación mínima y por último se transportara la tierra al vertedero.

### 6.2.2.- URBANIZACIÓN:

Se va a acondicionar los accesos a la nave de manera que tengan pendiente para desalojar las aguas de lluvia hasta los cauces de escorrentía próximos a la explotación.

### 6.2.3.- SANEAMIENTOS:

Se van a realizar acondicionamientos de saneamiento mediante zanjas. Por donde se canalizara las aguas procedentes del baño de la oficina. Se realizara una zanja de 50 cm de profundidad desde el baño de la oficina hasta una zona alejada de la instalación. En esta zona alejada se realizara una excavación de 2 m de profundidad y 3 m<sup>2</sup> de superficie, donde se colocara la fosa séptica. Esta fosa séptica se coloca alejada de la instalación por tema de olores, y también está situada en una zona de fácil acceso para que una vez al año se limpien los residuos, bombeándolos al interior de un camión cisterna especializado.





Esta fosa esta dimensionada para el uso cotidiano diario de 5 personas, teniendo en cuenta que solo trabajan en la explotación 2-3 personas al día, las dimensiones de la fosa son más que suficientes.

La fosa séptica es de la casa **CORTIPLAS** referencia **FV-1100**, esta fosa séptica esta fabricadas en poliéster y son totalmente herméticas, es una fosa vertical de 1,4 m de altura y 1.2 m de diámetro, tiene capacidad para 1100 litros. Esta fosa llevará una primera cámara de decantación que recibe el efluente, y de esta cámara pasará lentamente a una segunda cámara de digestión, para finalmente evacuar el efluente residual teóricamente limpio e inerte directamente al terreno mediante unos drenajes.

#### 6.2.4.- PLUVIALES:

Como ya se ha señalado antes, el agua que caiga en la cubierta será conducida mediante canalón hasta el suelo y de ahí por la pendiente del terreno que se va a dar a los accesos, hasta los cursos naturales de agua que existen en la explotación y alrededores.

#### 6.2.6.- CIMENTACIÓN:

Se ha calculado los cimientos para un terreno de  $2 \text{ Kp/cm}^2$  ya que el coeficiente de trabajo del terreno de la parcela es de  $2 \text{ Kp/cm}^2$ . Sobre este terreno se realizan los pozos de cimentación y las zanjas para las vigas de atado. Al realizar las excavaciones, todo elemento extraño que se pudiese encontrar en el fondo, debe ser retirado. Antes de comenzar con el hormigonado, hay que limpiar y nivelar el terreno, para una correcta cimentación.

La cimentación consiste en zapatas aisladas de hormigón bajo pilares las cuales son zapatas centradas y rectangulares. Esta geometría rectangular les permite un mayor aprovechamiento de la superficie cimentada, ya que la dimensión de la zapata más larga coincide con el eje de mayor inercia del pilar y es en este eje donde la zapata va a sufrir más esfuerzos debido al viento. Se completa uniendo entre si las zapatas mediante vigas de atado o vigas riostra de 40 cm x 40 cm, armadas con 4 redondos de  $\varnothing 20 \text{ mm}$  (esto depende de la distancia, pero en las vigas de atado entre pórticos la distancia es la misma) y 14 estribos de diámetro 8 mm cada 25cm (14Ø8c/25).

Por lo contrario las dos zapatas situadas bajo el ultimo pórtico (pórtico más al norte “unión nave ovejas y nave nueva”) son zapatas excéntricas y rectangulares, esto se hace para evitar que las zapatas del piñón sur de la nave de las ovejas se solapen con las zapatas del último pórtico (pórtico más al norte) de la nave nueva. Estas zapatas medianeras se unen a las zapatas centradas mediante vigas centradoras de 60 cm x 40 cm, armadas con 10 redondos de Ø 25 mm y 12 estribos de diámetro 8 mm cada 30cm (12Ø8c/30). Que son capaces de absorber el momento que se genera en la zapata excéntrica medianera.

De base toda la nave tiene una capa de zahorra natural compactada ya existente al estar todo el terreno nivelado previamente.

Los materiales empleados para la cimentación son:

- Hormigón para los cimientos: **HA-25/P/20/IIa:**
  - Resistencia característica:  $f_{ck} = 250 \text{ kg/cm}^2$
  - Coeficiente de minoración:  $\gamma_c = 1.5$
  - Nivel de control: Normal
- Armado zapatas y vigas de atado: **Redondo B-500S**
  - Limite elástico  $f_y = 500 \text{ N/mm}^2$
  - Carga unitaria de rotura  $f_s = 550 \text{ N/mm}^2$
  - Coeficiente de minoración:  $\gamma_c = 1.5$
  - Nivel de control: Normal

La cimentación aparece definían en el documento Planos: plano N° 4.1

Se presenta a continuación un cuadro que define cada tipo de zapata empleada en la nave nueva, indicando tanto el hormigón usado como al armadura usada.

Zapata:	Dimensiones:	Profundidad:	Hormigón:	Hierro:	Mallazo:
Tipo A	3.65 x 1.85 m	1.35 m	HA-25	B-500S	Ø 16/ 16 x 16 cm
Tipo B	4.55 x 3.15 m	1.35 m	HA-25	B-500S	Ø 16/ 16 x 16 cm
Tipo C	2.90 x 1.90 m	1.00 m	HA-25	B-500S	Ø 12/ 12.5 x 12.5 cm
Tipo D	2.35 x 1.55 m	0.80 m	HA-25	B-500S	Ø 16/ 27 x 27 cm
Tipo E	3.90 x 2.70 m	1.00 m	HA-25	B-500S	Ø 12/ 12.5 x 12.5 cm
Tipo F	3.30 x 2.30 m	1.35 m	HA-25	B-500S	Ø 12/ 12.5 x 12.5 cm





Tipo G	4.65 x 3.25 m	1.00 m	HA-25	B-500S	Ø 12/ 12.5 x 12.5 cm
Tipo H	4.55 x 2.25 m	1.00 m	HA-25	B-500S	Ø 12/ 12.5 x 12.5 cm
Tipo I	2.10 x 2.10 m	0.55 m	HA-25	B-500S	Ø 12/ 22 x 22 cm

### 6.2.7.- ESTRUCTURA:

Se trata de una nave realizada en acero, con pórticos asimétricos a dos aguas y con una pendiente en cubierta del 30%, altura de 10.53 m en cumbre, altura de 7.34 m en alero oeste, altura de 5.07 m en alero este y 6.40 m de distancia entre ejes de pórticos. La nave de la oficina también está realizada en acero, con pórticos a un agua y pendiente del 23%, altura de 3 m en el alero. Los pórticos son uniones rígidas con apoyos empotrados en la base. El muro piñón que se va a ejecutar al norte, tendrá 4 pilares intermedios para poder anclar las correas donde se va a sujetar la chapa galvanizada que forma el cerramiento.

La perfilaría empleada es de HEB para la estructura, SHS para unir los pórticos entre si y L para los arriostramientos del primer y último pórtico.

Aunque los perfiles son de inercia constante, no ha sido necesario realizar uniones con cartelas entre pilares y dinteles de los pórticos.

Las uniones de los diferentes elementos que forman la nave, se ha optado por hacer todas las uniones soldadas.

La nave está formada por pórticos en dirección transversal unidos por elementos longitudinales como son las correas o las vigas de atado. Por lo tanto en sentido longitudinal la estructura es inestable, por lo que habrá que colocar cerchas en sentido longitudinal, tanto en fachada como en cubierta para estabilizar la estructura frente a las acciones longitudinales como el viento. A estas cerchas se les llama cruces de San Andrés. Estos arriostramientos trabajan únicamente a tracción ya que son tirantes.

Colocaremos arriostramientos con diagonales dobles en el primer y último módulo de cada subestructura como puede apreciarse con mayor claridad en el documento Planos: plano Nº 4.5 Las cerchas indeformables estabilizan toda la estructura en dirección longitudinal.

Se ha provisto de correas longitudinales en la cubierta con objeto de sustentar los elementos de cubierta, paneles sándwich, y a su vez estas correas se encargan de soportar

las cargas de nieve, viento y peso propio. Las correas son continuas cada dos vanos y fijadas rígidamente en los pórticos, para así tener que emplear perfiles de menos tamaño. Estas correas están unidas a los dinteles mediante electrosoldadura con una separación entre ellas 1.9 m.

En fachada se ha empleado el mismo sistema de correas que en cubierta. Estas son continuas cada dos vanos, unidas rígidamente mediante electro soldadura a los pilares de los pórticos, separadas entre sí 1.5 m. Estas correas se encargan de sujetar los elementos de fachada, chapas galvanizada pre-lacada, y a su vez estas correas se encargan de soportar las cargas de nieve y peso propio de las chapas.

Para realizar el cálculo estructural de la nave se ha recurrido al programa de cálculo **CYPE Ingenieros (Nuevo Metal 3D, Generador de pórticos)**. Estos han sido los perfiles seleccionados, tras realizar los cálculos con este programa:

Elemento	Perfil
Pilares de los pórticos, nave	HEB-500 (con cartelas final del 10%)
Dinteles de los pórticos, nave	HEB-550
Pilares del piñón	HEB-260
Vigas para puertas correderas	HEB-160
Arriostramientos	L-50 x 50 x 6
Uniones entre pórticos, nave	SHS-120 x5.0
Correas cubierta, nave	IPE-180
Correas fachada, nave	UPN-160
Pilares de los pórticos, oficina	HEB-160
Dinteles de los pórticos, oficina	HEB-160
Uniones entre pórticos, nave	SHS-90 x3.0
Correas cubierta, nave	IPE-160

#### Material empleado

- Acero laminado para estructuras: **S 275-JR**
  - Limite elástico:  $\sigma_e = 2800 \text{ Kg/cm}^2$
  - Coefficiente de dilatación térmica:  $\alpha_t = 0.000012 \text{ m/m}^\circ\text{C}$
  - Modulo de elasticidad:  $E = 2.1 \cdot 10^6 \text{ Kg/cm}^2$
  - Modulo de elasticidad transversal:  $G = 2.8 \cdot 10^5 \text{ Kg/cm}^2$



### 6.2.8.- CUBIERTA:

La cubierta esta prevista de panel sándwich o paneles nervados, de espesor 30 mm, anclados en las correas de cubierta. El panel nervado **ARVAL Ondatherm 900C**, es un elemento que se utiliza como cerramiento tanto en cubiertas como en fachadas. Está compuesto por dos paneles de chapa de acero de espesor 0.6 mm en el exterior y 0.3mm en el interior, con uno de espuma de poliuretano extruido, ignifugo y con tapajuntas. Por tanto será panel sándwich pre-lacado, aislante y galvanizado. El tapajuntas tiene por objeto garantizar la estanqueidad y permitir no tener en cuenta los vientos dominantes a la hora del montaje. Además cubre y protege las fijaciones de la corrosión. La plaqueta con una superficie de ajuste de 30 cm<sup>2</sup>, asegura el ensamblaje de los paneles, permite una sola fijación por correa y reparte los esfuerzos evitando que el tornillo pueda perforar la chapa exterior, ofreciendo la posibilidad de duplicar la fijación en casos de que sea necesario.

La iluminación de la nave a través de la cubierta se llevara a cabo mediante paneles translucidos formados por placas de policarbonato, unidos mediante pernos y uniones atornilladas a los paneles nervados de cubierta. Con este método conseguimos dotar de iluminación natural a la nave.

La cubierta en la parte de la oficina será de panel sándwich de espesor 30 mm.

### 6.2.9.- FACHADA:

Todas las fachadas irán cerradas. Hasta 2 metros de altura se va a levantar una pared de hormigón armado realizada in situ y enrasada con el interior de los pórticos de 20 cm de espesor y armadura doble de Ø 8/ 15 x 15 cm. Por el exterior de los pórticos y a partir de 1.80 m de altura desde la solera, se va a colocar chapa pre-lacada **ARVAL Nergal 10.12.1000 B**, de color blanco, fijada a correas.

La fachada tiene tres huecos donde irán colocadas las tres puertas. Estas son puertas correderas (**casa y referencia**), estarán colgadas de una viga que se ha soldado a los pilares y estarán instaladas en la parte interior de la nave, así no tendremos problemas de filtración de agua ni humedades ya que no es necesario realizar agujeros en los cerramientos de la fachada.



### 6.2.10.-SOLERA:

Lo primero que se hace es excavar un hueco en forma de pirámide invertida (48° de inclinación) de 2,9 m de profundidad y 18.5 m<sup>2</sup> de área (3.92 m x 4.83 m), para situar la piqueta. Una vez tenemos la excavación, preparamos el terreno del hueco con grava compactada (20 cm de espesor) y a continuación se construye el alojamiento de la piqueta. Este estará formado por losas de hormigón armado in situ (HA-25) de 18 cm de espesor, y armadura de 150 x 150 x 8 (cuadrículas de 15 x 15 cm y redondo de 18 mm de diámetro), que formarán la pirámide invertida de 48° de inclinación, este hueco de hormigón será la piqueta de abastecimiento. Una vez hecho el agujero para la piqueta comenzamos con la solera.

Previamente a la construcción de la nave, el terreno se habrá limpiado, explanado y compactado correctamente, como ya se ha explicado en el apartado movimiento de tierras.

La solera estará construida para soportar las cargas producidas por el tránsito de vehículos agrícolas y para soportar el peso de la maquinaria del sistema automático de alimentación. Estará formado por:

- Capa de todo-uno (grava y arena) compactada al 95% según el ensayo Procter con un espesor de 20 cm. En este proceso se regará el terreno para que se apelmace.
- Lamina aislante de polietileno que evitara el paso por capilaridad de la humedad relativa de la superficie exterior.
- Capa de hormigón HA-25 de 25 cm de espesor en el área donde están situados los silos. Y en resto de la nave de capa de hormigón HA-25 de 18 cm
- Mallazo anti-retracción de 150 x 150 x 8 (Ø 8mm / 15 x 15 cm) colocado en la cara superior del hormigón con un recubrimiento de 3 cm.

Antes del fraguado del hormigón se añadirá un tratamiento superficial de polvo de cuarzo (6 kg/m<sup>2</sup>) uniformemente esparcido y pulido mecánicamente a las 6-9 horas del vertido en el interior de la nave. Dos días después del hormigonado se realizara el corte de las juntas de retracción en cuadrícula ajustándonos a la modulación de pilares con una superficie máxima de 25 m<sup>2</sup>. Estos cortes se realizaran por medio de sierra mecánica a profundidad de 5 cm, un tercio del espesor del hormigón. Las juntas se sellaran posteriormente con un producto plástico.

En el perímetro de la solera, junto a las paredes de la nave, se crearán unas juntas de contorno que actúen a modo de juntas de dilatación, colocando una tira de poliestireno de 2 cm de espesor.

#### **6.2.11.- DRENAJE DEL AGUA DE LA PIQUERA:**

Se va a colocar un drenaje alrededor del perímetro de la piqueta o tolva de descarga, a 2,5 m de profundidad, que recogerá el agua y los drenará hasta el cauce de escorrentía.



#### **6.2.12.-COMPARTIMENTACIÓN, ALBAÑILERIA Y CARPINTERIA:**

##### **6.2.12.1- COMPARTIMENTACIÓN, ALBAÑILERIA:**

Para las particiones que se van a colocar en el edificio de oficinas, utilizaremos placas de cartón-yeso de la casa Movinord.

Para los vestuarios al ser un recinto húmedo debido a la existencia de duchas en lugar de las placas de cartón-yeso se levantará un tabique de ladrillo que irá alicatado con azulejos cerámicos.

La fachada de la oficina será toda de bloque de hormigón 20cn, con una capa de cemento en la parte exterior de la fachada, para mayor estética de la oficina.



### 6.2.12.2- CARPINTERIA:

La fachada de la nave tiene tres huecos donde irán colocadas las tres puertas, las dimensiones son de (4.80 x 5.00 m), (6.45 x 5.00 m) y (6.18 x 4.63 m). Estas son puertas correderas metálicas de la casa **HORMANN** modelo **KSE** (panel sencillo de acero sin aislamiento), estarán colgadas de una viga que se ha soldado a los pilares y estarán instaladas en la parte interior de la nave, así no tendremos problemas de filtración de agua ni humedades ya que no es necesario realizar agujeros en los cerramientos de la fachada.

Las puertas situadas en el interior del edificio de oficinas son de serie económicas huecas y de pino con dimensiones de 2.10 x 0.9 m. Por otro lado las dos puertas que comunican la oficina con el exterior y el interior de la nave son de igual dimensión 2.1 x 0.9 m pero de mayor calidad, ya que son de PVC con refuerzos internos de acero galvanizado.

Las ventanas serán de aluminio anodizado con acristalamiento doble. El espesor de ambos cristales será de 4 mm. Las dimensiones de las ventanas de la oficina son (1.65 x 1.00 m) y (1.50 x 1.00 m)

### 6.2.13.-PINTURA Y ACABADOS:

Los pilares de la nave irán protegidos con un recubrimiento de pintura anticorrosión ya que los pilares y estructura en general, están a la intemperie y se encuentra muy cerca de una nave de animales la cual posee una atmosfera muy corrosiva.

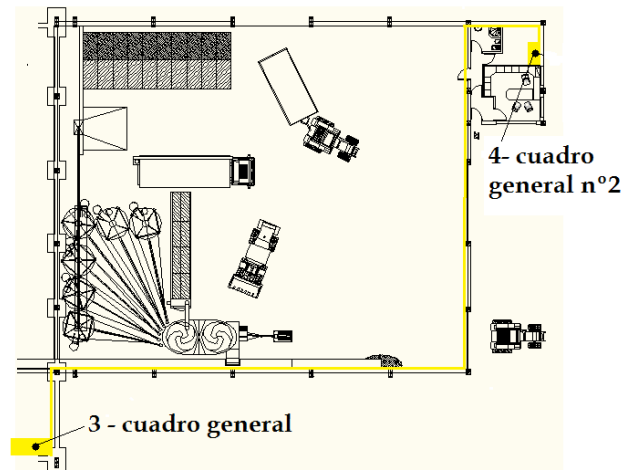
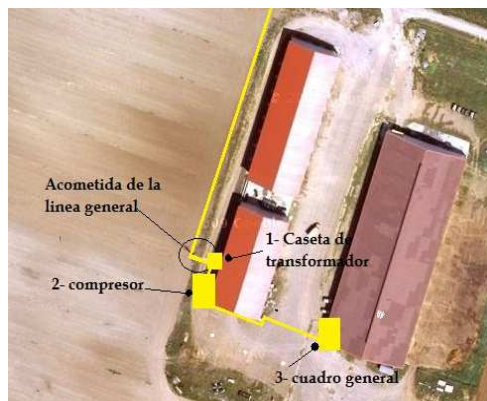
Los tabiques no van pintados porque las particiones de Movinord vienen ya pintadas, y los baños están alicatados con azulejos cerámicos.

El acabado de los suelos de la zona de la oficina será de linóleo de color gris (véneto 6649) de la casa **TARKET** comercial, suministrado en rollos. En el baño el acabado será pavimento de baldosa cerámica.

### 6.3.-CONEXIÓN A LAS REDES DISPONIBLES:

#### 6.3.1.- ELECTRICIDAD:

En la actualidad existe una acometida eléctrica, que pasa por un transformador y se canaliza hasta el cuadro general en la nave de las ovejas. Pero una vez instalado todos los sistemas necesario para poner en funcionamiento el sistema automático de alimentación, la potencia necesaria superara a la potencia contratada, por lo tanto es necesario sustituir el transformador para que nos proporcione la potencia que se necesita y habrá que canalizar el nuevo cableado de mayor sección. Para conducirlos hasta la nave de las ovejas se aprovechará las canalizaciones del cableado existente hasta el cuadro eléctrico general.

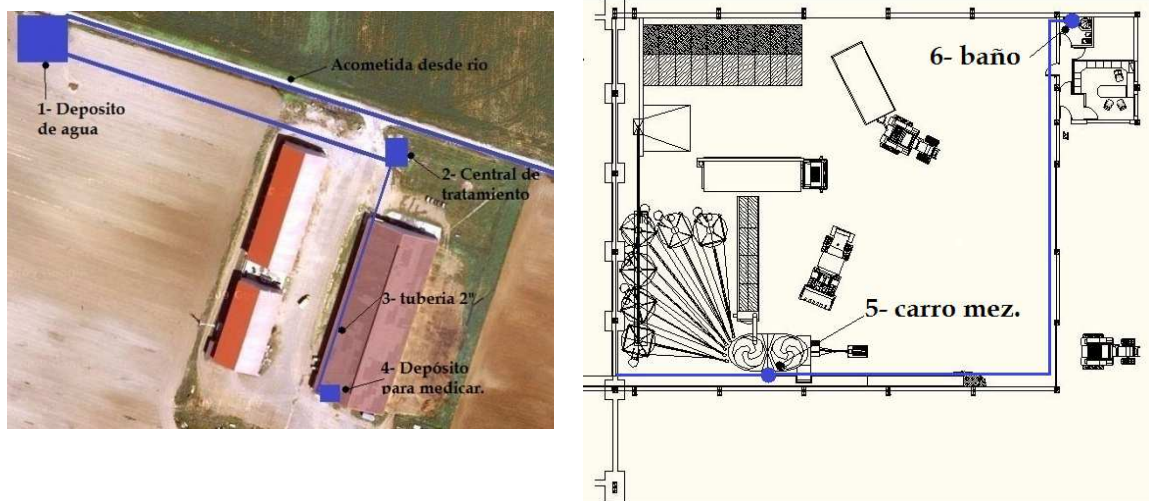


A partir del cuadro general (número 3) de las imágenes anteriores, se conduce el cableado atreves de bandeja metálica sujeta a la estructura de las dos naves, hasta la oficina de la nave nueva, más precisamente hablando, se canaliza hasta el cuarto del autómatá (numero 4), donde está situado el cuadro general nº2, que es desde donde se cablearán todos los elementos eléctricos necesarios para realizar el sistema automático de alimentación y también la iluminación de la nave nueva y oficina.



### 6.3.2.- AGUA:

El agua necesaria para preparar la mezcla de la comida y para el baño de la oficina, se coge directamente desde la tubería de 2" que atraviesa la nave (número 3 de la imagen de satélite de la derecha). La tubería que se conecta a la de 2", se canaliza bajo suelo atreves de unas zanja hecha en la solera, hasta el punto (número 5) toma de agua para la preparación de la comida y hasta el punto (número 6) toma de agua para el inodoro, lavabo y ducha.



### 6.3.3.- AIRE COMPRIMIDO:

El aire comprimido se cogerá de la manguera neumática (número 2) que llega desde la caseta del compresor. Desde esa manguera, se conecta la instalación neumática que suministrará aire comprimido a todo los cilindros encargados de abrir y cerrar las tajaderas y puertas de la cinta distribuidora de comida y también gobierna el cilindro que controla el agua que entra dentro del carro mezclador. Esta instalación neumática se conduce a través de las vigas de la estructura de la cinta transportadora de distribución y de las naves.





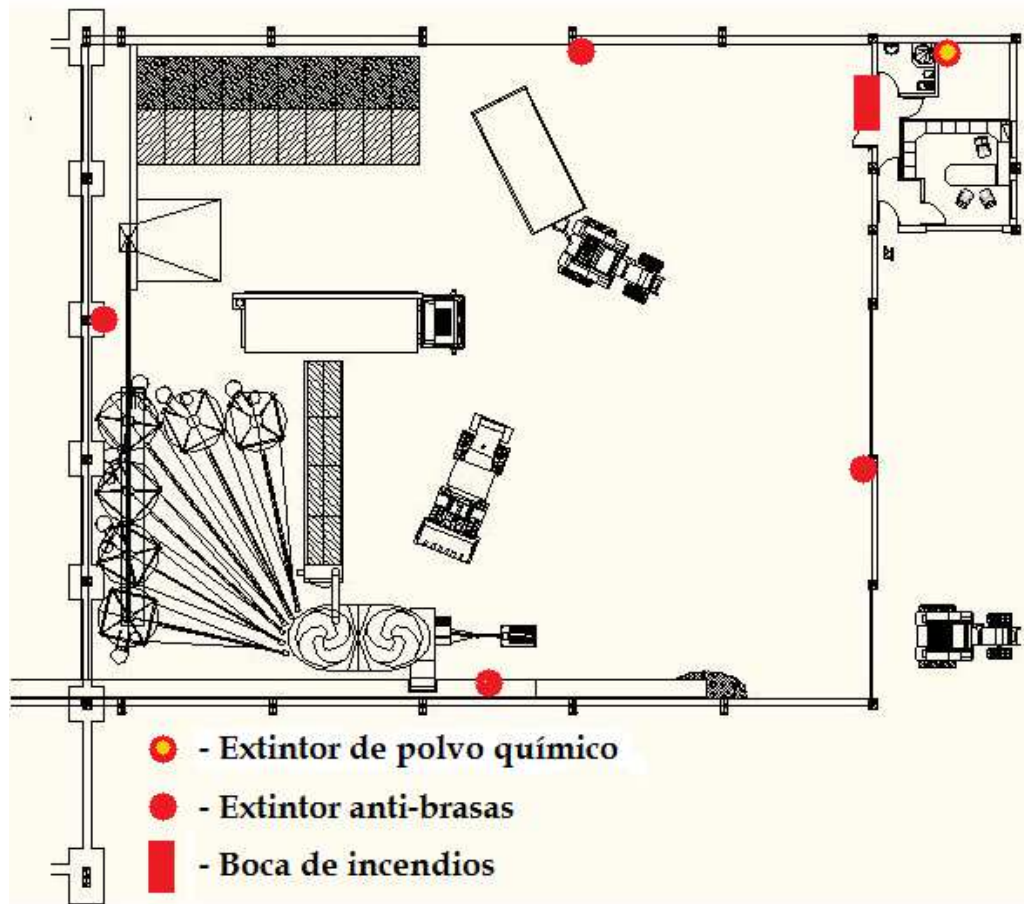
## 7.- INCENDIO:

Debido a que en el desarrollo de la actividad se van a almacenar productos susceptibles de combustión, todos los materiales con los que se va a ejecutar la nave tiene clasificación M0 (materiales no combustibles), excepto los paneles sándwich que posee una clasificación de M2, tal y como se aprecia en la siguiente tabla:

Elementos constructivos	Clasificación
Cimentación: Hormigón armada	M0
Suelos :Zahorras naturales	M0
Estructura: Acero laminado para estructuras	M0
Cerramientos: Hormigón in situ y chapa pre-lacada	M0
Cubierta: Panel sándwich	M2

En cuanto a los materiales almacenados, al tratarse de productos combustibles sólidos) que superan los 100 m<sup>3</sup>, ya que contamos con 276 m<sup>3</sup> de productos combustibles salidos (fibra). El local tiene una consideración de LRE (Local de Riesgo Especial). Todo ello lleva a la adaptación de las siguientes medidas de seguridad contra incendios.

- El edificio o la nave nueva va a tener acceso por dos de sus laterales disponiendo de puertas de más de 5 m de ancho.
- Se va a instalar en el pilar de la fachada piñón que más cerca queda de la puerta de la oficina, una boca de incendios de 45 mm, con una longitud de manguera de 40 m.
- Se instalarán 4 extintores en el interior de la nave nueva, de Polvo anti-brasas, de eficacia mínima 34<sup>a</sup> – 114B, 9 Kg de agente extintor y un extintor de polvo químico para emplearlo contra incendios en cuadros eléctricos, en el interior del cuarto del autómatas dentro de la oficina. Todo esto siguiendo la norma UNE 23110.





## 8.- NORMATIVA DE APLICACIÓN:

1. Normativa correspondiente al polígono.
2. Código técnico de la edificación:
  - DB-SE:
    - DB-SE: Seguridad estructural.
    - DB-SE: Acciones en la edificación.
    - DB-SE: Cimientos.
    - DB-SE: Acero.
    - DB-SE: Fabrica.
  - DB-SI: Seguridad en caso de incendios.
  - DB-SU: Seguridad de utilización.
  - DB-HS: Salubridad.
3. Euro-código 4.
4. Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales (RD 2267/2004, de 3 de Diciembre).
5. EHE: Instrucción de hormigón estructural.
6. NSCE-2: Sismos.
7. Decreto foral 88/1990, de 5 de abril.



## 9.- RESUMEN DE PRESUPUESTO:

### NAVE NUEVA

Capítulo	Resumen	Importe €
Cap1	Movimiento de tierras.....	15.044,99
Cap2	Cimentaciones.....	72.755,6
Cap3	Estructura.....	169.591,63
Cap4	Cubierta.....	35.392,99
Cap5	Cerramientos.....	6.285,12
Cap6	Albañilería.....	2.497,43
Cap7	Pinturas.....	23.278,90
Cap8	Seguridad y salud.....	3.898,15
<b>TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL</b>		<b>328.744,14</b>
	8.00 % Gastos Generales.....	26.299,53
	8.00 % Beneficio Industrial.....	26.299,53
<b>TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA</b>		<b>381.343,20</b>
	21.00 % I.V.A .....	80.082,07
<b>TOTAL PRESUPUESTO GLOBAL</b>		<b>461.425,42</b>

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de CUATROCIENTOS SESENTA y UNMIL CUATROCIENTOS VEINTICINCO euros con CUARENTA y DOS céntimos.



## MAQUINARIA

Capítulo	Resumen	
Importe €		
Cap1	Sinfín de elevación.....	4.340,83
Cap2	Sinfín horizontal.....	7.270,16
Cap3	Sinfines de extracción.....	13.910,20
Cap4	Silos.....	23.100,06
Cap5	Picadora de fibra.....	20.532,78
Cap6	Cinta inclinada .....	3.932,60
Cap7	Cinta horizontal.....	15.730,43
Cap8	Motor eléctrico.....	1.971,75
Cap9	Sistema neumático.....	5.310,37
<b>TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL</b>		<b>96.097,93</b>
	8.00 % Gastos Generales.....	7.687,83
	8.00 % Beneficio Industrial.....	7.687,83
<b>TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA</b>		<b>111.473,59</b>
	21.00 % I.V.A.....	23.409,45
<b>TOTAL PRESUPUESTO GLOBAL</b>		<b>134.883,04</b>

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de CIENTO TREINTA y CUATROMIL OCHOCIENTOS OCHENTA y TRES euros con CUATRO céntimos.

**RESUMEN PRESUPUESTO GLOBAL**

Capítulo	Resumen	
Importe €		
Cap1	Nave nueva (obra civil).....	461.425,42
Cap2	Maquinaria.....	134.883,04
<b>TOTAL PRESUPUESTO GLOBAL</b>		<b>596.308.46</b>

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de QUINIENTOS NOVENTA y SEISMIL TRESCIENTOS OCHO euros con CUARENTA y SEIS céntimos.



## **10.- ANEXO MEMORIA I: BIBLIOGRAFIA.**

### **10.1.- Programas informáticos:**

- Programa de cálculo de estructuras CYPE ingenieros 2013.
  - Generador de pórticos
  - Nuevo metal 3D
  - Arquímedes
- Auto CAD 2007
- Microsoft Office Word 2007

### **10.2.- Libros de consulta y textos:**

- “NAVES INDUSTRIALES CON ACERO”. Publicaciones Apta, Alfredo Arnedo Pena
- “ARTE DE PROYECTAR EN ARQUITECTURA”. Ernst Neufert. Ed.Meter Neuferty Planungs-AG Neufert Mittman Gral. 1992.
- “FÍSICA GENERAL”. Escrito por: Santiago Burbano.
- “ACONDICIONAMIENTO DE GRANO ALMACENAMIENTO Y COSTES”. Escrito por: Alvaro Castillo Niño.
- “TEORÍA DE ESTRUCTURAS Y CONSTRUCCIONES INDUSTRIALES” José Javier Lumbreras Azanza, apuntes I.T.I. 3º Mecánica 2012.
- “RESISTENCIA DE MATERIALES”. José Javier Lumbreras Azanza, apuntes I.T.I. 2º Mecánica 2011.
- “CONSTRUCCIONES INDUSTRIALES” Isaac Cenoz Echeverría, apuntes I.T.I. 3º Mecánica 2012.
- “MECÁNICA II”.Isidro Zabalza Villava, apuntes I.T.I. 2º Mecánica 2011.
- “SÍNTESIS DE MECANISMOS” 3º Mecánica 2012. Apuntes de clase.



### 10.3.-Catálogos:

- Transportadoras Maskepack.
- Panel sándwich Ondatherm 900 C, ARVAL.
- Cilindros neumáticos serie CM2, SMC
- Chapa nervada de acero galvanizado y prelacado Nergal 10.12 100B, ARVAL.
- Unidad FRL modular serie AC, SMC
- Motor eléctrico trifásico, ALREN.
- Puertas correderas industriales, HÖRMANN.
- Reguladores de caudal serie AS, SMC
- Racores serie KQ2, SMC
- Tubo neumático serie TU, SMC.





# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

IMPLANTACIÓN DE SISTEMA AUTOMÁTICO DE  
ALIMENTACIÓN EN EXPLOTACIÓN OVINA

DOCUMENTO N°2: CÁLCULOS

Alumno: Jon Cabodevilla Olo

Tutor: María Jesús Vilas

Pamplona, Julio 2013



## 2.- CÁLCULOS.

### ÍNDICE:

1.- Cálculos estructura de la nave: .....	5 – 35
1.1.- Datos de partida: .....	5 – 9
1.1.2.- Dimensiones del proyecto: .....	5
1.1.2.1.- Parcela: .....	5
1.1.2.2.- Nave industrial y oficina: .....	5
1.1.3.- Materiales empleados: .....	6
1.1.4.- Tensión admisible del terreno: .....	6
1.1.5.- Acciones adoptadas en el cálculo: .....	6 – 9
1.1.5.1.- Acciones gravitatorias: .....	6
1.1.5.2.- Sobrecargas de uso: .....	6
1.1.5.3.- Sobrecargas de nieve: .....	6 – 7
1.1.5.4.- Sobrecargas de viento: .....	7 – 8
1.1.5.5.- Acciones térmicas: .....	8
1.1.5.6.- Acciones sísmicas: .....	8
1.1.5.7.- Tabla resumen acciones: .....	9
1.2.- Cálculo estructural: .....	10 – 30
1.2.1.- Métodos de cálculo: .....	10 – 11
1.2.2.- Cálculo de la nave industrial: .....	12 – 30
1.2.2.1.- Descripción: .....	12
1.2.2.2.- Cálculo de correas de cubierta: .....	13 – 16
1.2.2.2.1.- Cálculo mediante CYPE correa cubierta nave: ....	14 – 15
1.2.2.2.2.- Cálculo mediante CYPE correa cubierta oficina: ..	15 – 16
1.2.2.3.- Cálculo de correas de fachada: .....	16 – 17
1.2.2.3.1.- Cálculo mediante CYPE: .....	17
1.2.2.4.- Cálculo de la estructura con pórticos 3d: .....	17 – 30
1.2.2.4.1.- Introducción: .....	17
1.2.2.4.2.- Generación de la estructura: .....	18
1.2.2.4.3.- Descripción de los nudos: .....	18
1.2.2.4.4.- Descripción de las barras: .....	18 – 19
1.2.2.4.5.- Pandeo: .....	19 – 23



1.2.2.4.6.- Pandeo lateral:	23
1.2.2.4.7.- Flecha límite:	24
1.2.2.4.8.- Cargas del (uso-2), (uso-3):	24
1.2.2.4.9.- Cargas del voladizo:	25 – 26
1.2.2.4.10.- Cargas de la oficina:	26
1.2.2.4.11.- Comprobaciones y optimización:	27 – 29
1.2.2.4.12.- Resultados obtenidos:	29
1.2.2.4.13.- Cálculo de las uniones:	30
1.3.- Cálculo de las placas de anclaje:	31
1.4.- Cálculo de los cimientos:	32 – 35
2.- Cálculo de esfuerzos en los accionamientos:	36 – 52
2.1.- Cálculo de esfuerzos en tajadera superior:	36 – 41
2.2.- Cálculo de esfuerzos en puerta de acometida:	42 – 45
2.3.- Cálculo de esfuerzos en tajadera inferior:	46 – 49
2.4.- Cálculo de esfuerzos en llave de paso:	50 – 52
3.- Cálculos neumáticos:	53 – 69
3.1.- Introducción:	53
3.2.- Actuadores neumáticos:	54 – 58
3.2.1.- Cilindro nº1 tajadera superior:	54
3.2.2.- Cilindro nº2 puerta de acometida:	55
3.2.3.- Cilindro nº3 tajadera inferior:	56
3.2.4.- Cilindro nº4 llave de paso:	57
3.2.5.- Resumen de los cilindros seleccionados:	58
3.3.- Cálculo elementos de mano:	59 – 61
3.3.1.- Válvula para cilindro nº1, nº2, nº3 y nº4:	59 – 60
3.3.2.- Resumen de la electroválvula seleccionada:	61
3.4.- Tratamiento del aire:	62 – 63
3.4.1.- Grupo FRL modular:	62 – 63
3.4.2.- Válvula arranque progresivo:	63
3.5.- Comprobación del compresor:	64
3.6.- Accesorios:	65 – 68
3.6.1.- Tubo neumático:	64 – 66



3.6.2.- Reguladoras de caudal: .....	67
3.6.3.- Racores neumáticos: .....	68
3.7.- Tabla resumen de los componentes neumáticos: .....	69
4.- Cálculo de la banda transportadora: .....	70 – 81
4.1.- Introducción: .....	70
4.2.- Elementos de una banda transportadora: .....	70 – 71
4.2.1.- Banda transportadora inclinada: .....	71
4.2.2.- Banda transportadora horizontal: .....	71
4.3.- Elección de la banda o cinta: .....	72 – 75
4.3.1.- Ancho de la banda: .....	72
4.3.2.- Calidad de los recubrimientos: .....	72
4.3.3.- Número de capas: .....	73
4.3.4.- Calidad del tejido: .....	73
4.3.5.- Espesor del recubrimiento superior: .....	73
4.3.6.- Espesor del recubrimiento inferior: .....	74
4.3.7.- Cálculo del desarrollo o longitud de la banda: .....	74
4.3.8.- Elección del tipo de lona: .....	75
4.3.9.- Resumen de la banda de tejido seleccionada: .....	75
4.4.- Elección de la banda transportadora inclinada: .....	76 – 80
4.4.1.- Cálculo del diámetro de los tambores: .....	76
4.4.2.- Cálculo de la masa de las partes móviles / metros: .....	77 – 78
4.4.2.1.- Cálculo de la masa de la banda por metro: .....	77
4.4.2.2.- Cálculo masa de los rodillos: .....	78
4.4.2.3.-Resumen masa elementos móviles por metro: .....	78
4.4.3.- Cálculo de la masa de la carga por metro: .....	79
4.4.4.- Resumen de la banda trans. Inclinada seleccionada: .....	79 – 80
4.5- Elección de la banda transportadora horizontal: .....	81
5.- Cálculo estructura de la cinta distribuidora: .....	82 – 90
5.1.- Cálculo de la masa de los elementos /metro: .....	82 – 88
5.1.1.- Cálculo de la masa de la banda por metro: .....	83 – 84
5.1.1.1.- Masa del bastidor de la banda trans. por m. : .....	83
5.1.1.2.- Masa banda textil lisa por metro: .....	84



5.1.1.3.- Masa del motor eléctrico: .....	84
5.1.2.- Cálculo de la masa de la carga por metro: .....	85
5.1.3.- Cálculo de la masa de la carcasa protectora / m: .....	86
5.1.4.-Cálculo de la masa de la acometida: .....	87
5.1.5.- Resumen de las cargas que soporta la estructura: .....	88
5.2.- Cálculo de la estructura: .....	88 – 90

ANEXO CALCULOS II: Cálculos de estructurales:

ANEXO CALCULOS III: Características técnicas de la maquinaria:



# 1.- CÁLCULO ESTRUCTURA DE LA NAVE:

## 1.1.- DATOS DE PARTIDA:

### 1.1.2.- DIMENSIONES DEL PROYECTO:

#### 1.1.2.1.- PARCELA:

La nave de nueva construcción donde se situará todos los sistemas que forman el sistema automático de alimentación, se encuentra en el polígono 3 Subunidad 94 C, que cuenta con una superficie total de 22.478,48 m<sup>2</sup>. Dentro de esta subunidad 94 C se encuentra la parcela donde va situada la nave nueva que tiene 1456 m<sup>2</sup>.

#### 1.1.2.2.- NAVE INDUSTRIAL Y OFICINA:

- Nave industrial:

Dimensiones: 28.50 m x 33.54 m: 956.27m<sup>2</sup>

Tipo de estructura: De acero y pórticos asimétricos

Altura cumbrera: 10.53 m

Altura en los aleros: Alero oeste = 7.34 m. Alero este = 5.07 m

Luz del pórtico: 28.50 m

Numero de vanos: 5

Modulación entre pórticos: 6.40 m

Cubierta: A dos aguas.

Pendiente de la cubierta: 30 %

Separación entre correas de cubierta: 1.90 m

Separación entre correas de fachada: 1.50 m

- Oficina:

Dimensiones: 8.31 m x 6.06 m: 50.35m<sup>2</sup>

Tipo de estructura: De acero porticada

Altura en los aleros: 3 m

Luz del pórtico: 6.06 m

Cubierta: A un aguas.

Pendiente de la cubierta: 23 %

Separación entre correas de cubierta: 1.53 m

### 1.1.3.- MATERIALES EMPLEADOS:

El material empleado para la estructura ha sido el acero laminado S 275, y para la cimentación se ha empleado el hormigón tipo HA-25 y el acero B 400 S. Las características de cada uno ya han sido especificadas en la memoria.

### 1.1.4.- TENSIÓN ADMISIBLE DEL TERRENO:

El coeficiente de trabajo del terreno o la tensión admisible de este, es de  $2 \text{ Kp/cm}^2$ .

### 1.1.5.- ACCIONES ADOPTADAS EN EL CÁLCULO:

#### 1.1.5.1- ACCIONES GRAVITATORIAS:

Peso propio de los paneles sándwich de cubierta:  **$11 \text{ Kg/m}^2$**

Peso propio de las chapas de acero pre-lacado:  **$8 \text{ Kg/m}^2$**

Peso propio de las correas de cubierta, nave: Lo genera CYPE, es de  **$9.87 \text{ Kg/m}^2$**

Peso propio de las correas de fachada, nave: Lo genera CYPE, es de  **$12.56 \text{ Kg/m}^2$**

Peso propio de correas de cubierta y oficina: Lo genera CYPE, es de  **$10.31 \text{ Kg/m}^2$**

Peso propio de pilares, dinteles...: Lo genera CYPE y varía según el tipo perfil.

#### 1.1.5.2.- SOBRECARGAS DE USO:

Según el código técnico de la edificación, para este tipo de cubiertas el valor de sobrecarga de uso que hay que aplicar es el de  $40 \text{ Kg/m}^2$ , que corresponde al apartado (G1), "Cubiertas accesibles únicamente para conservación y cubiertas ligeras sobre correas (sin forjados)." Esta sobrecarga de uso se llamará: mantenimiento (USO 1) =  **$40 \text{ Kg/m}^2$** .

Tenemos también la sobrecarga de uso en cubierta producida por las luminarias y tubos que se colgarán de la cubierta, esta se llamará: Luminarias (USO 2) =  **$10 \text{ Kg/m}^2$** .

Por último, tenemos la sobrecarga de uso del peso de las puertas correderas sobre las vigas en las que están colgadas, esta se llamará: puertas correderas (USO 3) =  **$75 \text{ Kg/m}$** .

#### 1.1.5.3.- SOBRECARGAS DE NIEVE:

La acción de la nieve también la introduce automáticamente el programa CYPE. Lo único que tenemos que hacer es introducir los siguientes valores. Según el CTE (España), estos son los valores correspondientes a la zona donde se va a construir la nave y posteriormente aplicará la sobrecarga de nieve en toda la cubierta.



Zona de clima invernal: 2

Altitud topográfica: 470 m

Exposición al viento: Normal

No obstante, aunque el programa introduce el valor de la sobrecarga de nieve automáticamente, se ha calculado el valor de este, ya que será necesario introducir manualmente la sobrecarga de nieve, junto otras acciones, en algunos puntos de la cubierta, para realizar correctamente el cálculo de la estructura.

Sobrecarga de nieve = **80 Kg/m<sup>2</sup>**.

#### 1.1.5.4.- SOBRECARGAS DE VIENTO:

La sobrecarga debida al viento o acción del viento, es en general una fuerza perpendicular a la superficie de cada elemento expuesto, se expresa de la siguiente manera:

$$q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p$$

- $q_e$ : Presión estática del viento
- $q_b$ : Presión dinámica del viento
- $c_e$ : Coeficiente de exposición
- $c_p$ : Coeficiente eólico o de presión

La acción del viento de nuevo la introduce automáticamente el programa CYPE, lo único que tenemos que hacer es introducir los valores. Según el CTE (España), estos son los valores correspondientes a la zona donde se va a construir la nave y posteriormente aplicará la sobrecarga de viento en toda la cubierta y fachada.

Zona eólica: C.

Velocidad básica del viento: 29 m/s.

Grado de aspereza: II. Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia.

Porcentaje de huecos: Sin huecos permanentes “puertas”.

Situación topográfica: Normal.

Altura del punto considerado como más alto: 10.53 m.

Cubierta: a dos aguas, 15° de inclinación y área > 10 m<sup>2</sup>





También en este caso es necesario calcular el valor del viento mediante la expresión vista anteriormente ( $q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p$ ). Ya que para realizar el cálculo de la estructura de forma correcta y precisa es necesario introducir estos datos de forma manual en algunos puntos.

De todas formas, estos datos también son muy útiles a la hora de seleccionar la distancia entre correas según el panel que se coloque, como mas tarde veremos.

$q_b$ : Para zonas eólicas C, según el CTE corresponde un valor =  $52 \text{ kg/m}^2$

$c_e$ : Para grado de aspereza II y altura máx.: 10.53 m, corresponde un valor = 2.8

$c_p$ : Para cubierta a 2 aguas,  $15^\circ$  y área  $> 10 \text{ m}^2$ ,  $c_p(\text{suc})_{\text{máx.}} = -1$ ,  $c_p(\text{pre})_{\text{máx.}} = 0.2$

$c_p$ : Para fachadas de área  $> 10 \text{ m}^2$ ,  $c_p(\text{suc})_{\text{máx.}} = -0.4$ ,  $c_p(\text{pre})_{\text{máx.}} = 0.7$

$$q_e (\text{Succión}) \text{ cubierta} = 52 \text{ kg/m}^2 \times 2.8 \times -1 = \mathbf{145.60 \text{ Kg/m}^2}$$

$$q_e (\text{Presión}) \text{ cubierta} = 52 \text{ kg/m}^2 \times 2.8 \times 0.2 = \mathbf{29.12 \text{ Kg/m}^2}$$

$$q_e (\text{Succión}) \text{ fachada} = 52 \text{ kg/m}^2 \times 2.8 \times -0.4 = \mathbf{101.92 \text{ Kg/m}^2}$$

$$q_e (\text{Presión}) \text{ fachada} = 52 \text{ kg/m}^2 \times 2.8 \times 0.7 = \mathbf{58.2 \text{ Kg/m}^2}$$

#### 1.1.5.5.- ACCIONES TÉRMICAS:

En edificios con elementos estructurales de acero, que no dispongan de elementos continuos de más de 40 metros de longitud, podrán no tenerse en consideración las acciones térmicas. Así lo indica el punto 3 del apartado 3.4.1 del CTE-DB-SE-AE. Por lo tanto, como la nave que se va a construir no excede los 40 m de longitud, no se tendrán en consideración las acciones térmicas, así que **no se dispondrán juntas de dilatación**.

#### 1.1.5.6.- ACCIONES SÍSMICAS:

La zona en cuestión tiene asignado un grado sísmico VI-VII.

En lo que se refiere al cálculo de acciones sísmicas el CTE nos deriva a la “Norma de construcción sismo resistente” (NSCE). En el punto 1.2.3 de esta norma, determina que, estructuras con sus pórticos bien arriostrados entre sí en todas las direcciones, la norma no será de obligado cumplimiento cuando la aceleración sísmica básica  $a_b$  sea inferior a  $0.08g$ .

En Tabar (zona nave), la aceleración sísmica básica es de  $0.04g < 0.08g$ , **la norma no será de obligado cumplimiento**, así que no es perceptible considerar la acción sísmica.

**1.1.5.7.- TABLA RESUMEN ACCIONES ADOPTADAS EN EL CÁLCULO:**

ACCIONES	TIPO	VALOR
PESO PROPIO	Paneles sándwich de cubierta:	<b>11 Kg/m<sup>2</sup></b>
	Chapas de acero pre-lacado:	<b>8 Kg/m<sup>2</sup></b>
	Correas de cubierta, nave:	<b>9.87 Kg/m<sup>2</sup></b>
	Correas de fachada, nave:	<b>12.56 Kg/m<sup>2</sup></b>
	Correas de cubierta y oficina:	<b>10.31 Kg/m<sup>2</sup></b>
	Pilares, dinteles...; Lo genera CYPE	<b>Varía según el tipo perfil.</b>
SOBRECARGA DE USO	Mantenimiento (USO 1) :	<b>40 Kg/m<sup>2</sup></b>
	Luminarias (USO 2) :	<b>10 Kg/m<sup>2</sup>.</b>
	Puertas correderas (USO 3) :	<b>75 Kg/m</b>
NIEVE	Sobrecarga de nieve:	<b>80 Kg/m<sup>2</sup>.</b>
VIENTO	$q_e$ (Succión) <sub>max</sub> cubierta:	<b>145.60 Kg/m<sup>2</sup></b>
	$q_e$ (Presión) <sub>max</sub> cubierta:	<b>29.12 Kg/m<sup>2</sup></b>
	$q_e$ (Succión) <sub>max</sub> fachada:	<b>101.92 Kg/m<sup>2</sup></b>
	$q_e$ (Presión) <sub>max</sub> fachada:	<b>58.2 Kg/m<sup>2</sup></b>
TERMICAS		
SISMICAS		



## 1.2.- CÁLCULO ESTRUCTURAL:

### 1.2.1.- MÉTODOS DE CÁLCULO:

Vamos a realizar todos los cálculos pertinentes para el correcto dimensionamiento de la estructura utilizando el programa “CYPE, Arquitectura, Ingeniería y Construcción” de CYPE Ingenieros.

Este programa informático es muy extenso y tiene en su interior muchos sub-programas para calcular diferentes cuestiones. En este proyecto se han utilizado los siguientes sub-programas de CYPE.

- CYPE Generador de Pórticos
- CYPE Nuevo Metal 3D

Estos dos se han empleado en el siguiente orden y con el siguiente fin:

En primer lugar se ha usado el Generador de Pórticos. Este nos permite la generación de los pórticos rígidos en 2D. Este sub-programa, una vez se le ha introducido unos datos, tales como: Peso del cerramiento en cubierta, sobrecarga del cerramiento, peso del cerramiento en fachada, zona eólica, grado de aspereza, posicionamiento de los huecos, altitud de emplazamiento y por supuesto la geometría del pórtico, genera automáticamente el pórtico e introduce las sobrecargas por viento, nieve, mantenimiento, y peso propio de las correas. Lo utilizaremos como punto de partida para el cálculo específico que posteriormente realizaremos en el sub-programa Nuevo Metal 3D.

El segundo y último es el Nuevo Metal 3D. Una vez exportado el pórtico desde el Generador de pórticos, usaremos para definir nudos y barras para finalmente dimensionar y optimizar estas.

Estos son los análisis realizados por el programa:

El programa considera un comportamiento elástico y lineal de los materiales. Las barras definidas son elementos lineales.

Las cargas aplicadas en las barras se pueden establecer en cualquier dirección. El



programa admite las tipologías: uniforme, triangular, trapezoidal, puntual, momento e incremento de temperatura diferente en caras opuestas.

En los nudos se pueden colocar cargas puntuales, también en cualquier dirección. El tipo de nudo que se emplea es totalmente genérico. Y se admite que la vinculación interior sea empotrada o articulada y los extremos de las barras definidos mediante coeficientes de empotramiento (entre 0 y 1) o mediante su rigidez rotacional (momento/giro), y también se pueden articular dichos extremos.

Se puede utilizar cualquier tipo de apoyo, empotrado o articulado, o vinculando alguno de sus grados de libertad. Los apoyos (o vinculación exterior) pueden ser elásticos, definiendo las constantes correspondientes a cada grado de libertad coaccionado.

Las hipótesis de carga se establecen según su origen y se pueden asignar a Carga permanente, Sobrecarga, Viento, Sismo (estático), Nieve y Accidental. Se puede considerar el sismo dinámico.

A partir de las hipótesis básicas se puede definir y calcular cualquier tipo de combinación con diferentes coeficientes de combinación, ya sea de acuerdo a la norma seleccionada o definidos por el usuario.

Los estados límite y combinaciones para cada material y estado son los siguientes:

- E.L.U. rotura. Hormigón
- E.L.U. rotura. Hormigón en cimentaciones
- E.L.U. rotura. Acero (Laminado y armado)
- E.L.U. rotura. Acero (Conformado)
- Tensiones sobre el Terreno (Acciones características)
- Desplazamientos (Acciones características)

Para cada estado se generan todas las combinaciones, indicando su nombre y coeficientes, según la norma de aplicación, el material y la categoría de uso.

A partir de la geometría y cargas que se introduzcan, se obtiene la matriz de rigidez de la estructura, así como las matrices de cargas por hipótesis simples. Se obtendrá la matriz de desplazamientos de los nudos de la estructura, invirtiendo la matriz de rigidez por métodos frontales.

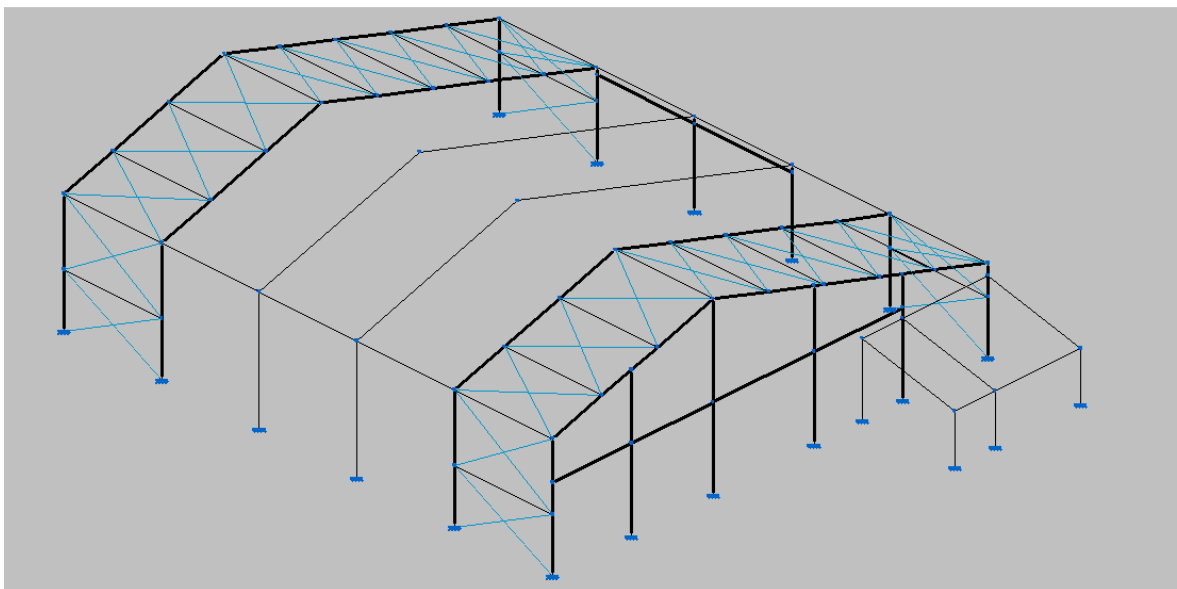
Después de hallar los desplazamientos por hipótesis, se calculan todas las combinaciones para todos los estados, y los esfuerzos en cualquier sección a partir de los esfuerzos en los extremos de las barras y las cargas aplicadas en las mismas.

## 1.2.2.- CÁLCULO DE LA NAVE INDUSTRIAL:

### 1.2.2.1.- DESCRIPCIÓN:

La nave, tiene una estructura de acero con pórticos asimétricos a dos aguas con una pendiente del 30%. La solución adoptada es la de una estructura hiperestática de nudos rígidos, con apoyos empotrados, restringiendo así mucho el desplazamiento de la nave. Tiene una luz de 28,50 m, tiene un total de 6 pórticos separados entre sí 6,40 m. La estructura se completa con arriostramientos colocados en el primer y último módulo de la estructura, respetando los módulos formados por las correas. Esto arriostramientos se encuentra tanto en fachada como en cubierta y ayudan a rigidizar la estructura.

Por otro lado, está la oficina, la cual tiene también una estructura de acero con pórticos a un agua, con una pendiente del 23%. Esta solución adoptada es también una estructura hiperestática de nudos rígidos, con apoyos empotrados. Tiene una luz de 8.31 m y un total de 2 pórticos separados entre sí distancias diferentes, 2.64 y 5.60 m. Esta estructura no está arriostrada ya que es lo suficientemente pequeña para que no sea necesario.





### 1.2.2.2.- CÁLCULO DE CORREAS DE CUBIERTA:

Las correas son elementos que se colocan en la cubierta y recorren la nave longitudinalmente. Son los elementos sobre los que se apoyan los cerramientos y encargados de soportar el peso de los materiales de cerramiento, el peso de la nieve y la acción del viento. Estas correas han transmitir todos esos esfuerzos a los dinteles del pórtico.

Por lo tanto para realizar un correcto dimensionamiento de las correas de cubierta, debemos conocer qué tipo de cerramiento vamos a emplear para conocer su peso y a qué distancia colocaremos las correas entre sí.

Emplearemos panel sándwich de la casa ARVAL, referencia: Ondatherm 900C y de 30 mm de espesor, con un peso específico de **11 Kg/m<sup>2</sup>**. Una vez sabemos qué tipo de cerramiento vamos a usar, en el catalogo del fabricante encontraremos una tabla de valores que nos indican la distancia entre correas adecuada ( $d_c$ ), para cada espeso de panel, en función de la carga máxima que va a soportar ese panel.

Aquí retomaremos el dato del viento calculado anteriormente, ya que este valor ( $q_e$  (Succión) = 145.60 Kg/m<sup>2</sup>) es el más grande de entre todas las acciones que tenemos. Y utilizaremos este para introducirlo en la tabla de distancias entre las correas recomendadas. Esta tabla para un espeso de 30 mm y una carga máxima de 180 Kg/m<sup>2</sup> (flecha limite L/200 mm), nos indica que la separación máxima entre correas es de 2,00 m.

Esa distancia hay que reducirla, ya que para una cubierta lo normal es trabajar con una flecha limite de L/300 mm.

Teniendo en cuenta esto último, la separación entre correas que mejor encaja en la estructura y que cumple con las especificaciones de ( $d_c < 2,00$  m), es de  **$d_c = 1.90$  m.**

Para la cubierta de la oficina las consideraciones son las mismas ya que se va a emplear el mismo tipo de panel sándwich. Teniendo esto en cuenta, la separación de correas que mejor encaja y que cumple con las especificaciones del fabricante de que ( $d_c < 2,00$  m), es de  **$d_c = 1.53$  m.**

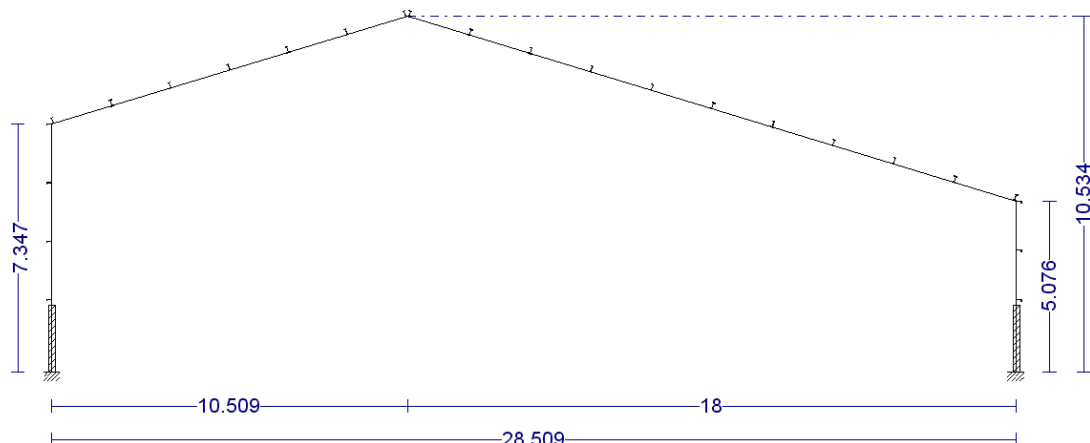
**1.2.2.2.1.- Cálculo mediante CYPE de correa cubierta nave:**

El siguiente paso para calcular las correas de cubierta es, introducir en el generador de pórticos todos los datos necesario para poder generar el pórtico en 2D de la nave nueva.

Los datos necesarios son:

- Datos de obra
  - Número de vanos: 5
  - Separación de pórticos: 6.40 m
  - Sobrecarga de cerramiento: 40 Kg/m<sup>2</sup>
  - Peso del cerramiento de cubierta: 11 Kg/m<sup>2</sup>
  - Peso del cerramiento de cubierta: 8 Kg/m<sup>2</sup>
- Datos de viento:
  - Según CTE (España)
  - Zona eólica: C (29 m/s)
  - Grado de aspereza: II Terreno rural.
  - Huecos: Intermitentes (puertas) “se indica su posición”
- Datos de nieve
  - Según CTE (España)
  - Zona clima invernical: 2
  - Altitud topográfica: 470 m
  - Exposición al viento: Normal

Una vez introducidos los datos este sub-programa nos generará el pórtico de la nave en 2D.



A continuación mediante la opción de cálculo de correas en cubierta e indicándole los siguientes datos relacionados con las características de las correas que se desean, el programa dimensiona la correa óptima para nuestra situación. Los datos introducidos son:

- Limite de flecha:  $L/300$  mm.
- Número de vanos: Dos vanos.
- Tipo de fijación: Fijación rígida.
- Tipo de perfil: IPE.
- Separación: 1.90 m
- Tipo de acero: S-275.

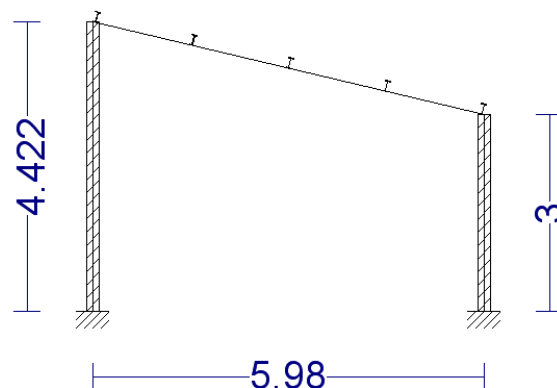
En este caso es una correa de perfil **IPE 180**, peso específico de  $9.87 \text{ Kg/m}^2$  y un aprovechamiento del 73.95%.

#### 1.2.2.2.2.- Cálculo mediante CYPE de correa cubierta oficina:

Al igual que se ha hecho antes, para continuar con el cálculo de correas de oficina, introduciremos en el generador de pórticos todos los datos necesario para poder generar el pórtico en 2D de la oficina, en este caso solo varían los datos de obra, el resto son iguales.

- Datos de obra:
  - Número de vanos: 2
  - Separación de pórticos: distancias diferentes, 2.64 y 5.60 m
  - Sobrecarga de cerramiento:  $40 \text{ Kg/m}^2$
  - Peso del cerramiento de cubierta:  $11 \text{ Kg/m}^2$

Una vez introducidos los datos el sub-programa nos generará el pórtico de la oficina en 2D.







A continuación, mediante la opción de cálculo de correas en cubierta, indicándole los siguientes datos relacionados con las características de las correas que se desean, el programa dimensiona la correa óptima para nuestra situación. Los datos introducidos son:

- Limite de flecha:  $L/300$  mm.
- Numero de vanos: Dos vanos.
- Tipo de fijación: Fijación rígida.
- Tipo de perfil: IPE.
- Separación: 1.53 m
- Tipo de acero: S-275.

En este caso es una correa de perfil **IPE 160**, peso específico de  $10.31 \text{ Kg/m}^2$  y un aprovechamiento del 73.61%.

### 1.2.2.3.- CÁLCULO DE CORREAS DE FACHADA:

De nuevo, debemos conocer qué tipo de cerramiento vamos a emplear, para conocer su peso y a qué distancia colocaremos las correas entre sí.

Emplearemos panel sándwich de la casa ARVAL, referencia: Nergal 10.12.1000 B de 0.63 mm de espesor, con un peso específico de  **$8 \text{ Kg/m}^2$** . Una vez sabemos qué tipo de cerramiento vamos a usar, en el catalogo del fabricante encontraremos una tabla de valores, que nos indican la distancia entre correas adecuada ( $d_c$ ), para cada espeso de chapa, en función de la carga de viento de succión y presión.

Volvemos a retomar los datos del viento calculado anteriormente, ya que estos valores ( $q_e$  (Presión) =  $101.92 \text{ Kg/m}^2$ ), ( $q_e$  (Succión) =  $58.20 \text{ Kg/m}^2$ ), los utilizaremos para introducirlo en la tabla de distancias entre correas recomendadas. Esta tabla para un espesor de 0.63 mm, unas presión de  $111 \text{ Kg/m}^2$  y una succión de  $79 \text{ Kg/m}^2$  (flecha limite  $L/180$  mm), nos indica que la separación máxima entre correas es de 1,60 m. Esa distancia hay que reducirla, ya que para fachadas lo normal es trabajar con una flecha limite de  $L/300$  mm.

Teniendo en cuenta esto último, la separación entre correas que mejor encaja en la estructura y que cumple con las especificaciones de ( $d_c < 1,60$  m), es de  **$d_c = 1.50$  m**.



### 1.2.2.3.1.- Cálculo mediante CYPE:

Repetimos el mismo proceso que hemos hecho antes y, ya con el pórtico generado, calcularemos las correas de la fachada mediante la opción de cálculo de correas en fachada, indicándole los siguientes datos relacionados con las características de las correas que se desean.

- Limite de flecha:  $L/300$  mm.
- Número de vanos: Dos vanos.
- Tipo de fijación: Fijación rígida.
- Tipo de perfil: UPN.
- Separación: 1.50 m
- Tipo de acero: S-275.

El programa dimensiona la correa óptima para nuestra situación. En este caso es una correa de perfil **UPN 160**, peso específico de  $12.56 \text{ Kg/m}^2$  y un aprovechamiento del 83,70%.

### 1.2.2.4.- CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA CON PÓRTICOS 3D:

#### 1.2.2.4.1.- INTRODUCCIÓN:

Mediante el sub-programa Nuevo Metal 3D se va a definir, construir y dimensionar la nave y la oficina siguiendo estos pasos:

- Exportar el pórtico a Nuevo Metal 3D desde generador de pórticos.
- A continuación introducimos las barras que no están y formamos la oficina.
- Después se procederá a la descripción de nudos y apoyos.
- Pre-dimensionar los perfiles, basándonos en construcciones similares.
- Describir los materiales a emplear.
- Definir los coeficientes de pandeo y pandeo lateral.
- Definir la flecha máxima.
- Introducir las cargas (de oficina, voladizo y USO 2 y USO3) manualmente.
- Calcular la estructura.
- Comprobar las barras.
- Optimizar los perfiles.

#### 1.2.2.4.2.- GENERACIÓN DE LA ESTRUCTURA:

Una vez hemos generado el pórtico de la nave en 2D en el sub-programa Generador de pórticos, exportamos este pórtico al sub-programa Nuevo Metal 3D, indicándole el número de vanos (que serán 5) y la distancia entre pórticos que será 6.40 m. Hecho esto, tendremos una estructura de 6 pórticos separados entre sí 6.40 m. Pero la estructura no tendrá, pilares hastiales, vigas... Así que, el siguiente paso es añadir todos estos elementos y generar la estructura de la oficina, colocando dos pórticos a un agua en la fachada piñón sur.

#### 1.2.2.4.3.- DESCRIPCIÓN DE LOS NUDOS:

Una vez hemos generada toda la estructura de la nave, se va a definir los distintos nudos que existen en la nave, teniendo en cuenta tanto las vinculaciones exteriores como las vinculaciones interiores.

Nudos de las vigas que unen los pórticos: Vigas biarticuladas.

Nudos de las vigas de las que cuelgan las puertas correderas: Vigas biarticuladas.

Nudos unión vigas hastiales (vigas del piñón sur) - dintel: Unión articulada

El resto de nudos: Uniones rígidas en todos los nudos.

Apoyos: Vinculación exterior, todos los apoyos empotrados.

#### 1.2.2.4.4.- DESCRIPCIÓN DE LAS BARRAS:

En este apartado definiremos qué tipo de perfil vamos a colocar en cada barra. Nos guiaremos mediante los perfiles utilizados en naves de estructuras y dimensiones similares. Así que, estos son los perfiles seleccionados.

Elemento	Perfil
Pilares de los pórticos, nave	IPE-500
Dinteles de los pórticos, nave	IPE-500
Pilares del piñón	HEB-300
Vigas para puertas correderas	HEB-200
Arriostramientos	Redondo de Ø 16
Uniones entre pórticos, nave	IPE-100
Pilares de los pórticos, oficina	HEB-120
Dinteles de los pórticos, oficina	HEB-120
Uniones entre pórticos, nave	IPE-80

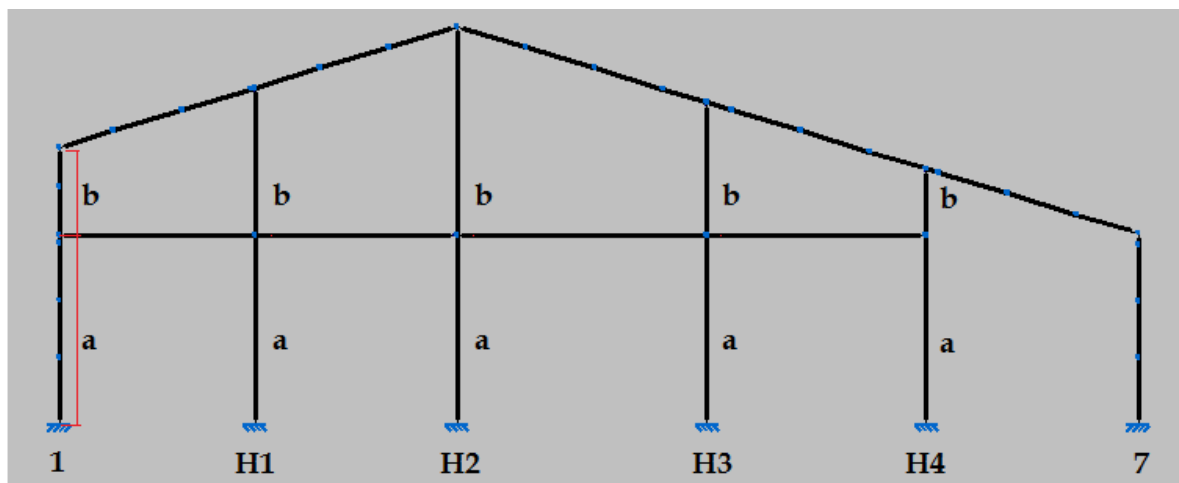
Los pilares hastiales o pilares de la fachada piñón sur, hay que girarlos 90° respecto al eje Z para que así, estén colocados de forma óptima y el eje de mayor inercia del perfil soporte las acciones producidas por el viento, cuando este sopla perpendículos al piñón sur.

Respecto a las barras correspondientes a los arriostramientos, tendremos que describirlas como tirantes para que el programa sepa que son arriostramientos y de esta manera, tenga en cuenta que solo trabajan a tracción no a compresión.

#### 1.2.2.4.5.- PANDEO:

En este apartado lo que se va a realizar es el cálculo de todos los coeficientes de pandeo correspondientes a cada barra de la estructura.

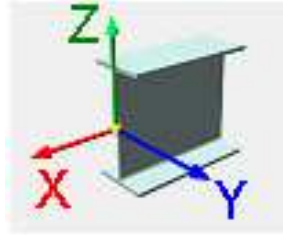
- FACHADA PIÑÓN SUR:



Pilar piñón H1: Se va a explicar detalladamente los cálculos que se van a realizar para definir los coeficientes de pandeo de este pilar hastial H1 (el cual podemos observar en la imagen superior). Solo se detallarán los cálculos realizados en este pilar, el resto de los pilares se calculan de forma idéntica, por lo tanto, únicamente serán reflejados los resultados obtenidos en la tabla resumen final.

Este pilar está dividido en dos partes, parte “a” y parte “b”. A cada una de las partes le corresponde unos cálculos diferentes y unos coeficientes de pandeo diferentes, este es el motivo por el que se diferencia entre ( $\beta_{a\ xy} - \beta_{b\ xy}$ ) y ( $\beta_{a\ xz} - \beta_{b\ xz}$ ).

A continuación comenzaremos con los cálculos:



El pilar del piñón o pilar hastial H1 es empotrado, apoyado, por lo tanto su  $\beta = 0.7$

En el plano XY (plano de menor inercia) es donde afecta que el pilar este dividido en dos partes por la viga que sustenta las puertas, ya que en este plano, la viga que divide el pilar, hace comportarse al pilar como si fuesen dos tramos de pilar diferentes. Y esto nos obliga a calcular los coeficientes de pandeo de forma manual.

$$“a” = 5,00 \text{ m}$$

$$“b” = 3.91 \text{ m}$$

$$a + b = L \Rightarrow 5,00 + 3.91 = 8.91 \text{ m}$$

$$\beta_a xy * a = L * 0.7 \Rightarrow \beta_a xy = L * 0.7 / a \Rightarrow \beta_a xy = 8.91 * 0.7 / 5 = 1.25$$

$$\beta_b xy * b = L * 0.7 \Rightarrow \beta_b xy = L * 0.7 / b \Rightarrow \beta_b xy = 8.91 * 0.7 / 3.91 = 1.59$$

$$\beta_a xy = 1.25 \quad \beta_b xy = 1.59$$

Una vez realizado el cálculo de los coeficientes de pandeo para el tramo “a” y tramo “b”, en el plano XY, debemos comprobar que están correctamente calculados. Para comprobarlo debemos calcular la longitud de pandeo del pilar hastial H1 considerándolo un solo tramo, empleando el coeficiente ( $\beta = 0.7$ ) y a continuación calcular las longitudes de pandeo de cada tramo (a,b) del pilar, mediante los coeficientes ( $\beta_a xy = 1.2$ ,  $\beta_b xy = 1.59$ ).

Para finalizar comparamos las tres longitudes de pandeo y si son iguales, habremos hecho correctamente los cálculos y los coeficientes serán válidos.

$$L_p = \beta * L \Rightarrow L_p = 0.7 * 8.91 \Rightarrow L_p = 6.24 \text{ m}$$

$$L_p = \beta_a xy * a \Rightarrow L_p = 1.25 * 5 \Rightarrow L_p a = 6.24 \text{ m}$$

$$L_p = \beta_b xy * b \Rightarrow L_p = 1.59 * 3.91 \Rightarrow L_p b = 6.24 \text{ m}$$

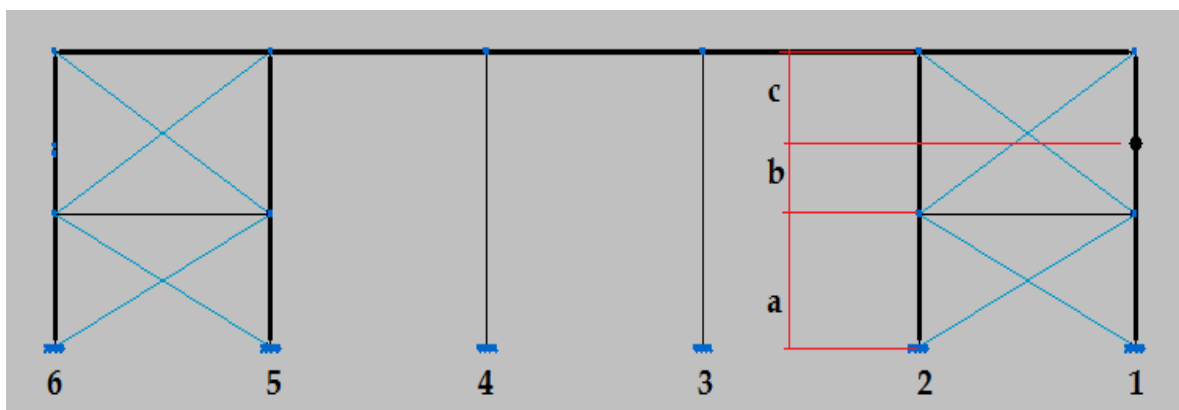
Como podemos observar las 3 longitudes de pandeo son iguales. Así que está bien.

En el plano XZ (plano de mayor inercia). La viga que divide en dos partes el pilar hastial H1 no afecta al comportamiento del pilar, ya que no hace que se comporte como si fuesen dos tramos diferentes. Pero aun y todo hay que diferenciar entre ( $\beta_a xz$ ,  $\beta_b xz$ ), ya que la viga hace que los tramos tengan diferentes apoyos. Por lo tanto el tramo “a” será empotrado-apoyado con un coeficiente  $\beta_a xz = 0.7$  y el tramo “b” será apoyado-apoyado con un coeficiente  $\beta_b xz = 1$ .

$$\beta_a xz = 0.7 \quad \beta_b xz = 1$$

	$\beta_a xy$	$\beta_b xy$	$\beta_a xz$	$\beta_b xz$
Pilar hastial H1	1.29	1.59	0.7	1
Pilar hastial H2	1.47	1.33	0.7	1
Pilar hastial H3	1.19	1.69	0.7	1
Pilar hastial H4	0.95	2.67	0.7	1
Pilar pórtico 1			2.94	6.26
Pilar pórtico 7				

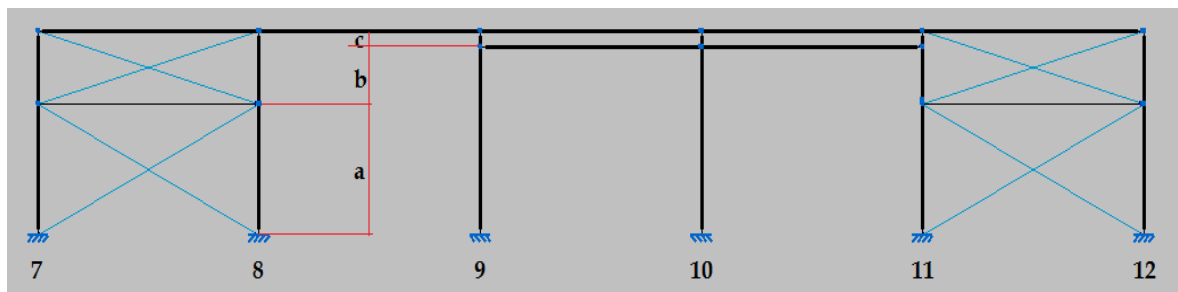
- FACHADA ESTE:



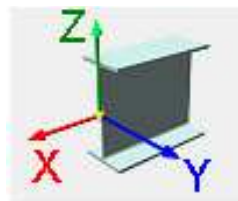
En este caso vamos a tener que diferenciar entre tres tramos “a”, “b” y “c”. A continuación vamos a reflejar los coeficientes de pandeo de cada pilar de pórtico.

	$\beta_{a\ xy}$	$\beta_{b\ xy}$	$\beta_{c\ xy}$	$\beta_{a\ xz}$	$\beta_{b\ xz}$	$\beta_{c\ xz}$
Pilar pórtico 1	1	1	1	2.94	2.94	6.26
Pilar pórtico 2	1	1		2	2	
Pilar pórtico 3	1	1		2	2	
Pilar pórtico 4	1	1		2	2	
Pilar pórtico 5	1	1		2	2	
Pilar pórtico 6	1	1		2	2	

- FACHADA OESTE:



En este caso también hemos tenido que diferenciar entre tres tramos “a”, “b” y “c”.  
A continuación vamos a reflejar los coeficientes de pandeo de cada pilar de pórtico.



	$\beta_{a\ xy}$	$\beta_{b\ xy}$	$\beta_{c\ xy}$	$\beta_{a\ xz}$	$\beta_{b\ xz}$	$\beta_{c\ xz}$
Pilar pórtico 7	1	1		2	2	
Pilar pórtico 8	1	1		2	2	
Pilar pórtico 9	2.17	2.17	25.6	0.7	0.7	1
Pilar pórtico 10	2.17	2.17	25.6	0.7	0.7	1
Pilar pórtico 11	2.17	2.17	25.6	0.7	0.7	1
Pilar pórtico 12	1	1		2	2	

- EL RESTO DE ELEMENTOS DE LA NAVE Y OFICINA:

	$\beta_{xy}$	$\beta_{xz}$
Dintel cubierta oeste	0.33	1
Dintel cubierta este	0.20	1
Vigas de unión de pórticos	1	1
Dintel oficina	1	1
Pilar pórtico oficina	2	2
Viga apoyo puerta corredera	1	1

#### 1.2.2.4.6.- PANDEO LATERAL:

El pandeo lateral se corrige colocando tornapuntas, separadas entre sí una distancia determina, cuanto menor sea la distancia entre tornapuntas, menos pandeo lateral sufrirá el perfil. En esta nave industrial solo se han colocado tornapuntas en el ala inferior de los dinteles de los pórticos, en los pilares no.

Esta decisión de solo colocar tornapuntas en el ala inferior de los dinteles, es debida a que, en ala superior los dinteles tienen las correas y estas arriostran el dintel de manera que no dejan que pandeen lateralmente, al menos en el ala superior.

- Dintel cubierta Oeste:

El ala superior tiene arriostramientos colocados cada 1.90 m (distancia entre correas). Y en el ala inferior el coeficiente de pandeo lateral es de  $\beta_v = 0.333$ . Esto significa que habrá colocadas 2 tornapuntas equidistantemente colocadas impidiendo que pandee lateralmente el ala inferior.

- Dintel cubierta Este:

El ala superior tiene arriostramientos colocados cada 1.90 m (distancia entre correas). Y en el ala inferior el coeficiente de pandeo lateral es de  $\beta_v = 0.20$ , lo significa que habrá colocadas 4 tornapuntas equidistantemente colocadas impidiendo que pandee lateralmente el ala inferior.



#### 1.2.2.4.7.- FLECHA LÍMITE:

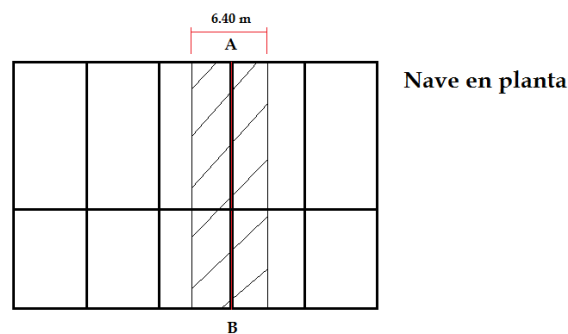
La flecha máxima según el punto 4.3.3 del documento Seguridad Estructural (DB-SE), se adopta como flecha máxima relativa en el plano XY L/300mm en todos los dinteles, tanto en la cubierta de la nave como en la cubierta de la oficina.

#### 1.2.2.4.8.- INTRODUCCIÓN MANUAL DE CARGAS DEL (USO-2) Y (USO 3):

En esta estructura va a ser necesario crear dos hipótesis nuevas de sobrecarga de uso, que llamaremos sobrecarga de uso de luminarias (USO 2), que corresponde al peso propio de el sistema de iluminación de la nave, y sobrecarga de uso de puertas correderas (USO 3), que corresponde al peso propio de las puertas correderas.

La sobrecarga de uso de las luminarias (USO 2), se aplica en todos los dinteles de la nave. Su dirección es el eje Z negativo. Tiene un valor de  $50 \text{ Kg/m}^2$ , pero este valor no se puede aplicar en los dinteles directamente, ya que primero tenemos que pasar de  $\text{Kg/m}^2$  (carga superficial) a  $\text{Kg/m}$  (carga lineal uniformemente repartida). Para hacer esta conversión hay que hacer el siguiente pequeño cálculo.

En primer lugar debemos saber cuántos metros de cubierta corresponden a cada pórtico. Esto es sencillo ya que los pórticos están separados equidistantemente, por lo tanto a cada pórtico el corresponde una distancia igual a la distancia entre pórticos  $d_p = 6.40 \text{ m}$ .



El siguiente paso es calcular la carga lineal uniformemente repartida ( $\text{Kg/m}$ ).

$$q_{\text{uso2}} = 50 \text{ Kg/m}^2 * 6.40 \text{ m} \Rightarrow q_{\text{uso2}} = 320 \text{ Kg/m}$$

La sobrecarga de uso de las puertas correderas (USO 3), se aplica en todas las vigas que sustentan las puertas correderas. Tiene un valor de  $75 \text{ Kg/m}$ , su dirección es el eje Z negativo.

$$q_{\text{uso3}} = 75 \text{ Kg/m}$$

### 1.2.2.4.9.- INTRODUCCIÓN MANUAL DE CARGAS DEL VOLADIZO:

Entre la nave nueva y la nave de las ovejas, existe un hueco de 1.39 m de distancia y este hueco se va a completar dotando a la nave nueva de un voladizo de esa distancia. El problema es, que el programa no introduce automáticamente las cargas adicionales que debe soportar el ultimo pórtico (pórtico 6-12), debidas a los 1.39 m de voladizo. A sí que, debemos calcular e introducir las cargas adicionales manualmente. Estas son las siguientes:

Correas:  $9.87 \text{ Kg/m}^2 \Rightarrow q \text{ peso propio} = (9.87 + 11 \text{ Kg/m}^2) * 1.39 \text{ m} \Rightarrow \mathbf{q_{pp} = 29 \text{ Kg/m}}$

Panel:  $11 \text{ Kg/m}^2$

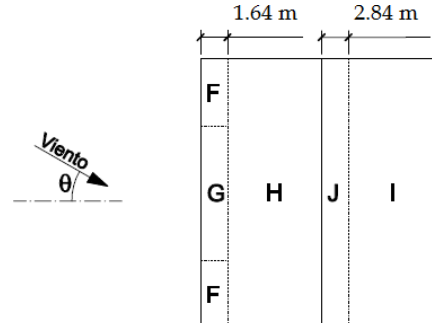
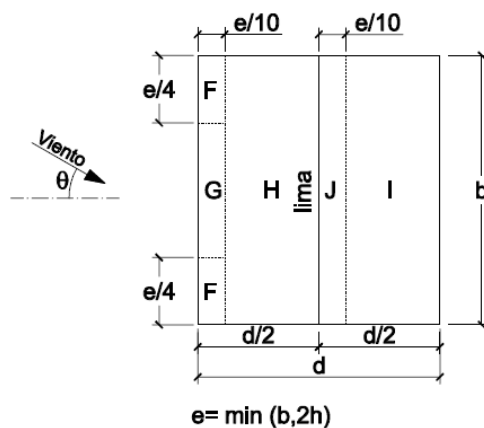
Nieve:  $80 \text{ Kg/m}^2 \Rightarrow q \text{ nieve} = 80 \text{ Kg/m}^2 * 1.39 \text{ m} \Rightarrow \mathbf{q_N = 111.20 \text{ Kg/m}}$

Mantenimiento USO1:  $\Rightarrow q \text{ manteni} = 40 \text{ Kg/m}^2 * 1.39 \text{ m} \Rightarrow \mathbf{q_{USO1} = 55.60 \text{ Kg/m}}$

Luminarias USO2:  $\Rightarrow q \text{ luminarias} = 50 \text{ Kg/m}^2 * 1.39 \text{ m} \Rightarrow \mathbf{q_{USO2} = 69.50 \text{ Kg/m}}$

Viento:  $\Rightarrow 145.60 \text{ Kg/m}^2$  “El viento puede ser de succión o de presión”

Según el CTE (España), documento básico SE-A. en cubiertas a dos aguas, con pendientes de  $15^\circ$  y área superior a  $10 \text{ m}^2$ , los coeficientes eólicos o de presión son:



Planta

		F	G	H	I	J
$15^\circ$	$\geq 10$	-0.9 0.2	-0.8 0.2	-0.3 0.2	-0.4 +0.0	-1 +0.0

Succión:

$q \text{ viento (F, G)} = 145.6 \text{ Kg/m}^2 * -0.9 * 1.39 \text{ m} \Rightarrow$

$\mathbf{q_v (F, G) = 182.14 \text{ Kg/m}}$

$q \text{ viento (H)} = 145.6 \text{ Kg/m}^2 * -0.3 * 1.39 \text{ m} \Rightarrow$

$\mathbf{q_v (H) = 60.71 \text{ Kg/m}}$

$q \text{ viento (I)} = 145.6 \text{ Kg/m}^2 * -0.4 * 1.39 \text{ m} \Rightarrow$

$\mathbf{q_v (I) = 80.95 \text{ Kg/m}}$

$q \text{ viento (J)} = 145.6 \text{ Kg/m}^2 * -0.3 * 1.39 \text{ m} \Rightarrow$

$\mathbf{q_v (J) = 60.71 \text{ Kg/m}}$



Presión:

$$Q \text{ viento (F, G)} = 145.6 \text{ Kg/m}^2 * 0.2 * 1.39 \text{ m} \Rightarrow$$

$$Q_v \text{ (F, G)} = 40.47 \text{ Kg/m}$$

$$Q \text{ viento (H)} = 145.6 \text{ Kg/m}^2 * 0.2 * 1.39 \text{ m} \Rightarrow$$

$$Q_v \text{ (H)} = 40.47 \text{ Kg/m}$$

$$Q \text{ viento (I)} = 145.6 \text{ Kg/m}^2 * 0 * 1.39 \text{ m} \Rightarrow$$

$$Q_v \text{ (I)} = 0 \text{ Kg/m}$$

$$Q \text{ viento (J)} = 145.6 \text{ Kg/m}^2 * 0 * 1.39 \text{ m} \Rightarrow$$

$$Q_v \text{ (J)} = 0 \text{ Kg/m}$$

Viento en fachada:

$$Q \text{ viento (succión)} = 145.6 \text{ Kg/m}^2 * -0.4 * 1.39 \text{ m} \Rightarrow$$

$$Q_v \text{ (succión)} = 80.95 \text{ Kg/m}$$

$$Q \text{ viento (presión)} = 145.6 \text{ Kg/m}^2 * 0.7 * 1.39 \text{ m} \Rightarrow$$

$$Q_v \text{ (H)} = 141.66 \text{ Kg/m}$$

#### 1.2.2.4.10.- INTRODUCCIÓN MANUAL DE CARGAS DE LA OFICINA:

Como la estructura de la oficina se ha introducido manualmente, debemos calcular e introducir las cargas adicionales manualmente. Estas son las siguientes:

$$\text{Correas: } 10.31 \text{ Kg/m}^2 \Rightarrow q \text{ peso propio} = (10.31 + 11 \text{ Kg/m}^2) * 4.12 \text{ m} \Rightarrow q_{pp} = 87.90 \text{ Kg/m}$$

$$\text{Panel: } 11 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Nieve: } 80 \text{ Kg/m}^2 \Rightarrow q \text{ nieve} = 80 \text{ Kg/m}^2 * 4.12 \text{ m} \Rightarrow$$

$$q_N = 330 \text{ Kg/m}$$

$$\text{Mantenimiento USO1: } \Rightarrow q \text{ manteni} = 40 \text{ Kg/m}^2 * 4.12 \text{ m} \Rightarrow$$

$$q_{USO1} = 165 \text{ Kg/m}$$

$$\text{Falso techo USO2: } \Rightarrow q \text{ falso techo} = 10 \text{ Kg/m}^2 * 4.12 \text{ m} \Rightarrow$$

$$q_{USO2} = 41.25 \text{ Kg/m}$$

$$\text{Viento: } \Rightarrow 145.60 \text{ Kg/m}^2 \text{ "El viento puede ser de succión o de presión"}$$

Según el CTE (España), documento básico SE-A. en cubiertas a un agua, con pendiente de 30° y área superior a 10 m<sup>2</sup>, los coeficientes eólicos son -0.4 y 0.7:

Por lo tanto, las cargas que debemos introducir de viento son:

Succión:

$$Q \text{ viento} = 145.6 \text{ Kg/m}^2 * -0.4 * 4.12 \text{ m} \Rightarrow$$

$$Q_v = 240.24 \text{ Kg/m}$$

Presión:

$$Q \text{ viento} = 145.6 \text{ Kg/m}^2 * 0.2 * 4.12 \text{ m} \Rightarrow$$

$$Q_v = 120.12 \text{ Kg/m}$$

### 1.2.2.4.11.- COMPROVACIONES Y OPTIMIZACIÓN:

Una vez está la nave totalmente definida, con todos los coeficiente de pandeo, todas las cargas introducidas... podemos proceder a realizar el cálculo de la estructura. Esta opción del sub-programa Nuevo Metal 3D, realiza todos los cálculos estructurales necesarios para determinar los esfuerzos a los que están sometidos las barras y la estructura en general.

A continuación, debemos realizar la comprobación de si las barras cumplen o no cumplen a resistencia y a flexión. Y si es que cumplen, debemos optimizarlas para que la estructura salga lo más barata posible.

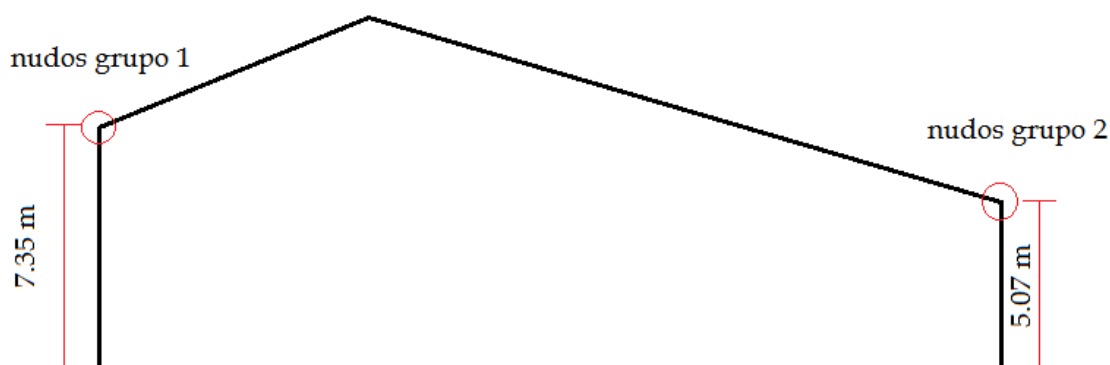
Elemento	Perfil	Comprobación
Pilares de los pórticos, nave	IPE-500	NO cumple
Dinteles de los pórticos, nave	IPE-500	NO cumple
Pilares del piñón	HEB-300	SI cumple
Vigas para puertas correderas	HEB-200	SI cumple
Arriostramientos	Redondo de Ø 16	NO cumple
Uniones entre pórticos, nave	IPE-100	NO cumple
Pilares de los pórticos, oficina	HEB-120	NO cumple
Dinteles de los pórticos, oficina	HEB-120	NO cumple
Uniones entre pórticos, nave	IPE-80	NO cumple

Elemento	Perfil (cumpliendo comprobaciones (R y F) y optimizados)
Pilares de los pórticos, nave	HEB-500 (con cartelas final del 15%)
Dinteles de los pórticos, nave	HEB-500(con cartela inicial y final del 15%)
Pilares del piñón	HEB-260
Vigas para puertas correderas	HEB-160
Arriostramientos	L-50 x 50 x 6
Uniones entre pórticos, nave	SHS-120 x5.0
Pilares de los pórticos, oficina	HEB-160
Dinteles de los pórticos, oficina	HEB-160
Uniones entre pórticos, nave	SHS-90 x3.0

En esos perfiles que vemos en el segundo cuadro de perfiles seleccionados, se cumplen las exigencias del programa respecto a condiciones de resistencia y flexión. Pero tenemos el problema de que para cumplir con estas exigencias, las cartelas colocadas son demasiado grandes, ya que según el CTE (España) lo aconsejable es colocar cartelas como máxima del 10% de la longitud del dintel o pilar. Por lo tanto, estos perfiles hay que cambiarlos. Se han seleccionado los siguientes, con cartelas menores o iguales al 10%

Elemento	Perfil (cumpliendo comprobaciones (R y F) y optimizados)
Pilares de los pórticos, nave	HEB-500 (con cartelas final del 10%)
Dinteles de los pórticos, nave	HEB-550
Pilares del piñón	HEB-260
Vigas para puertas correderas	HEB-160
Arriostramientos	L-50 x 50 x 6
Uniones entre pórticos, nave	SHS-120 x5.0
Pilares de los pórticos, oficina	HEB-160
Dinteles de los pórticos, oficina	HEB-160
Uniones entre pórticos, nave	SHS-90 x3.0

Una vez los perfiles seleccionados cumplen con las condiciones de resistencia y de flexión, debemos comprobar si los desplazamientos de la nave están dentro de los desplazamientos permitidos. Este desplazamiento está restringido según el euro-código 4, a un desplome total no superior a  $H/150$ , en estructuras porticadas de un solo piso y sin puente grúa.



- En los nudos grupo 1, el desplazamiento permitido según el euro-código es de:

$$\text{Desplazamiento máxima} = 7350 \text{ mm} / 150 \text{ mm} \Rightarrow \text{D permitido} = 49 \text{ mm}$$

Los nudos del grupo 1 también cumplen perfectamente, ya que los desplazamiento que sufren no superan los 40 mm en el eje Y, y este valor es menor que los 49 mm permitidos como máximo.

- En los nudos grupo 2 en desplazamiento permitido según el euro-código es de:

$$\text{Desplazamiento máxima} = 5076 \text{ mm} / 150 \text{ mm} \Rightarrow \text{D permitido} = 34 \text{ mm}$$

Los nudos del grupo 2 cumplen perfectamente, ya que los desplazamiento que sufren no superan los 4.6 mm en el eje Y, y este valor es menor que los 34 mm permitidos como máximo.

En el resto de nudos de la nave los desplazamientos tampoco superan a los permitidos.

#### 1.2.2.4.12.- RESULTADOS OBTENIDOS:

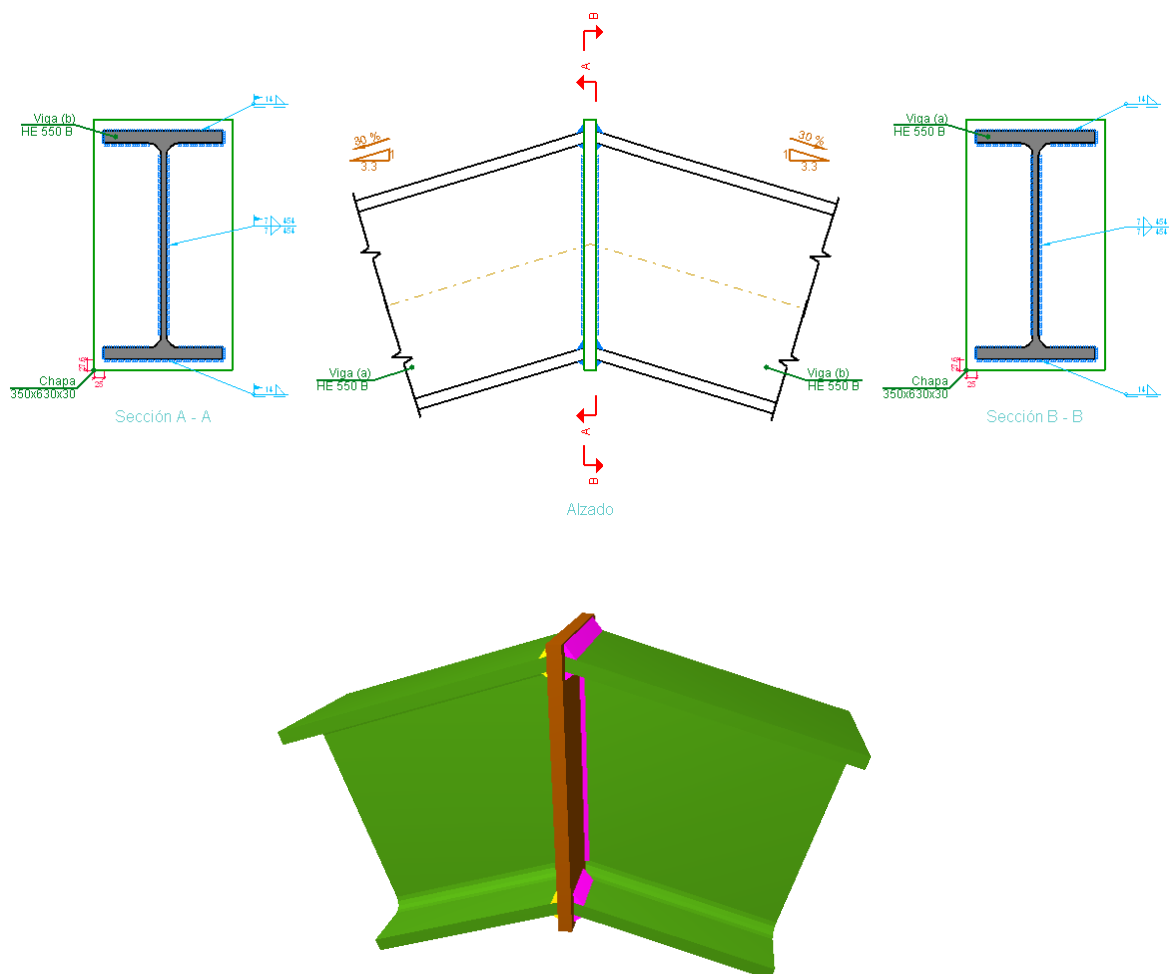
Finalmente estos son los perfiles que se van a emplear para realizar la nave.

Elemento	Perfil (cumpliendo comprobaciones (R y F) y optimizados)
Pilares de los pórticos, nave	HEB-500 (con cartelas final del 10%)
Dinteles de los pórticos, nave	HEB-550
Pilares del piñón	HEB-260
Vigas para puertas correderas	HEB-160
Arriostramientos	L-50 x 50 x 6
Uniones entre pórticos, nave	SHS-120 x5.0
Pilares de los pórticos, oficina	HEB-160
Dinteles de los pórticos, oficina	HEB-160
Uniones entre pórticos, nave	SHS-90 x3.0

### 1.2.2.4.13.- CÁLCULO DE LAS UNIONES:

Las uniones de toda la nave serán uniones soldadas. A continuación, se va a explicar una de las uniones que el programa ha calculado. Esta unión es la unión soldada dintel-dintel. Todas las uniones de la estructura se han realizado de igual forma así que solo se explica esta.

Del cálculo por ordenador se ha obtenido las solicitaciones en los nudos de las barras. La unión dintel-dintel la vamos a hacer mediante una chapa frontal de 350 x 630 x 30 mm de acero S275, colocada entre las dos cabezas de los dinteles. Esta chapa irá soldada a estas dos cabezas de dintel mediante unos cordones de soldadura de 14 mm de espesor en el ala superior e inferior y 7 mm de espesor en el alma. De esta manera se formará la unión soldada dintel-dintel que podemos ver en la siguiente imagen.



### 1.3.- CÁLCULO DE LAS PLACAS DE ANCLAJE:

El sub-programa Nuevo Metal 3D tiene una opción que directamente calcula las placas de anclaje necesarias para esta estructura. Así que, una vez generadas y calculadas correctamente, nos encontramos con las placas de anclaje dimensionadas para cada pilar en función de los esfuerzos que soporta cada uno. Por lo tanto, tenemos varias placas de anclaje muy parecidas pero no iguales, por lo que igualaremos todas esas placas de anclaje en grupos. Esto se hace para facilitar la labor a la hora de construir la nave, evitando así que haya confusiones.

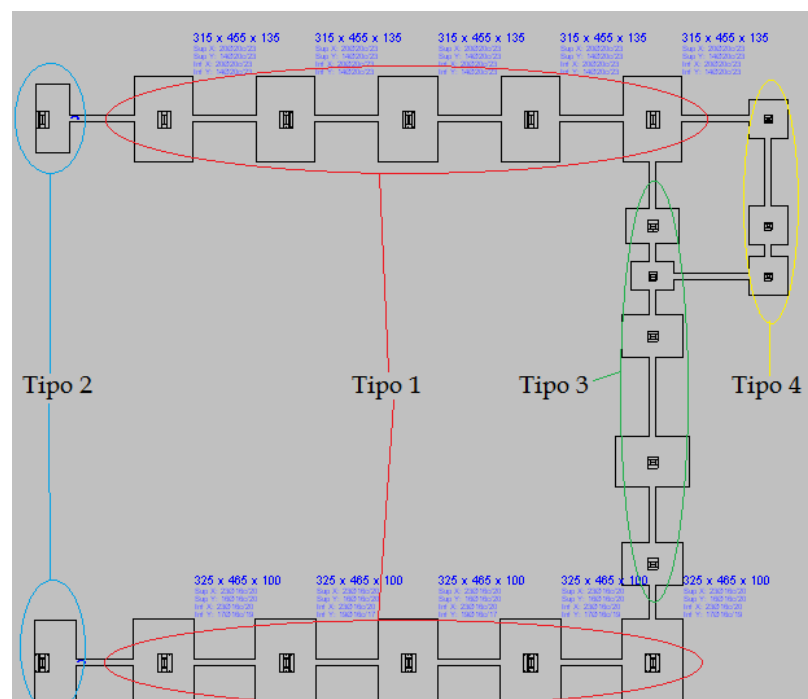
Descripción				
Referencia	Placa base	Disposición	Rigidizadores	Pernos
N1,N6,N11,N16,N21,N26	Ancho X: 750 mm Ancho Y: 950 mm Espesor: 35 mm	Posición X: Centrada Posición Y: Centrada	Paralelos X: - Paralelos Y: 2(300x80x14.0)	10Ø40 mm L=90 cm Prolongación recta
N3,N8,N13,N18,N23,N28	Ancho X: 650 mm Ancho Y: 850 mm Espesor: 30 mm	Posición X: Centrada Posición Y: Centrada	Paralelos X: - Paralelos Y: 2(250x80x11.0)	6Ø32 mm L=125 cm Prolongación recta
N31,N32,N33,N34	Ancho X: 600 mm Ancho Y: 600 mm Espesor: 30 mm	Posición X: Centrada Posición Y: Centrada	Paralelos X: - Paralelos Y: 2(200x35x10.0)	8Ø25 mm L=90 cm Prolongación recta
N78,N79,N86	Ancho X: 400 mm Ancho Y: 400 mm Espesor: 15 mm	Posición X: Centrada Posición Y: Centrada	Paralelos X: - Paralelos Y: 2(100x0x6.0)	4Ø20 mm L=45 cm Prolongación recta
N80	Ancho X: 450 mm Ancho Y: 450 mm Espesor: 18 mm	Posición X: Centrada Posición Y: Centrada	Paralelos X: - Paralelos Y: 2(100x0x5.0)	4Ø20 mm L=70 cm Prolongación recta



## 1.4.- CÁLCULO DE LOS CIMIENTOS:

Para finalizar con el apartado nº1 (estructura de la nave). Lo último que debemos hacer es calcular las zapatas y las vigas que las arriostran. Para ello lo primero que se hace es definir qué tipo de zapatas usaremos según en qué zona. Serán 4 tipos de zapatas:

- **Tipo 1: Zapatas centradas rectangulares (pórticos):** Estas se emplean en los pórticos y son rectangulares para tener un mayor aprovechamiento de la superficie cimentada ya que, la dimensión de la zapata más larga coincide con el eje de mayor inercia del pilar y es en este eje donde la zapata va a sufrir más esfuerzos debido al viento.
- **Tipo 2: Zapatas medianera:** Estas son unas zapatas excéntricas y se colocan en los dos pilares del pórtico situado más al Norte. Son necesarias así, debido a que no hay espacio para meter una zapata rectangular, ya que se solaparía con las zapatas de la nave de las ovejas.
- **Tipo 3: Zapatas centradas rectangulares (piñón):** Estas se emplean en los pilares hastiales que forman el piñón de la fachada sur y son rectangulares por el mismo motivo que las zapatas tipo 1.
- **Tipo 4: Zapatas centradas cuadradas oficina:** Estas se emplean en los pórticos que forma la oficina.





Una vez se han definido qué tipo de zapatas se van a colocar en cada lugar, es el momento de definir qué tipo de viga de arriostramiento se empleará.

Las zapatas medianeras al no estar centradas generan un momento y este momento hay que absorberlo mediante las vigas de arriostramiento. Estas serán vigas centradoras de 40 cm x 60 cm, armadas con 10 Ø 25 mm y 12 estribos de diámetro 8 mm cada 30cm ( $12\text{Ø}8\text{c}/30$ ), que unen las dos zapatas medianeras con las zapatas centradas del siguiente pórtico y son capaces de absorber el momento que se genera en las zapatas medianeras.

El resto de vigas que unen toda las demás zapatas será vigas de atado de 40 cm x 40 cm, armadas con 4 Ø 20 mm y 14 estribos (esto depende de la distancia, pero en las vigas de atado entre pórticos la distancia es la misma) de diámetro 8 mm cada 25cm ( $14\text{Ø}8\text{c}/25$ ).

Cuando ya tenemos todos los elementos de la cimentación definidos, hay que dimensionarlos. Esto lo resuelve el propio sub-programa y una vez acabado con el cálculo de todos los elementos, tendremos varias zapatas que cumple perfectamente, pero son todas de diferentes medidas entre si y esto a la hora de ejecutar la obra es muy confuso. Por lo tanto hay que igualar las zapatas entre sí.

También existe otro motivo por el cual es necesario igualar, al menos, las zapatas que sustentan los pórticos, ya que se está diseñando esta nave con el propósito de que en algún futuro se pueda ampliar longitudinalmente. Esto supone que una vez ampliada la nave lo que ahora es el ultimo pórtico (el que forma el piñón sur), una vez aplicada será un pórtico central y por lo tanto recaerán mas cargas sobre él. Así que esto obliga a que las zapatas sean todas iguales.

Una vez igualadas estas son las zapatas que tenemos: Descripción de los elementos de cimentación aislados:

Referencias	Geometría	Armado
N3	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 32.5 cm Ancho inicial Y: 182.5 cm Ancho final X: 152.5 cm Ancho final Y: 182.5 cm Ancho zapata X: 185.0 cm Ancho zapata Y: 365.0 cm Canto: 135.0 cm	Sup X: 22Ø16c/16 Sup Y: 11Ø16c/16 Inf X: 22Ø16c/16 Inf Y: 11Ø16c/16
N8, N13, N18, N23 y N28	Zapata rectangular centrada Ancho zapata X: 315.0 cm Ancho zapata Y: 455.0 cm Canto: 135.0 cm	Sup X: 28Ø16c/16 Sup Y: 19Ø16c/16 Inf X: 28Ø16c/16 Inf Y: 19Ø16c/16



Referencias	Geometría	Armado
N34	Zapata rectangular centrada Ancho zapata X: 190.0 cm Ancho zapata Y: 290.0 cm Canto: 100.0 cm	Sup X: 23Ø12c/12.5 Sup Y: 15Ø12c/12.5 Inf X: 23Ø12c/12.5 Inf Y: 15Ø12c/12.5
N33 y N31	Zapata rectangular centrada Ancho zapata X: 230.0 cm Ancho zapata Y: 330.0 cm Canto: 100.0 cm	Sup X: 26Ø12c/12.5 Sup Y: 18Ø12c/12.5 Inf X: 26Ø12c/12.5 Inf Y: 18Ø12c/12.5
N32	Zapata rectangular centrada Ancho zapata X: 270.0 cm Ancho zapata Y: 390.0 cm Canto: 100.0 cm	Sup X: 31Ø12c/12.5 Sup Y: 21Ø12c/12.5 Inf X: 31Ø12c/12.5 Inf Y: 21Ø12c/12.5
N26, N21, N16, N11 y N6	Zapata rectangular centrada Ancho zapata X: 325.0 cm Ancho zapata Y: 465.0 cm Canto: 100.0 cm	Sup X: 37Ø12c/12.5 Sup Y: 25Ø12c/12.5 Inf X: 37Ø12c/12.5 Inf Y: 25Ø12c/12.5
N1	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 37.5 cm Ancho inicial Y: 227.5 cm Ancho final X: 187.5 cm Ancho final Y: 227.5 cm Ancho zapata X: 225.0 cm Ancho zapata Y: 455.0 cm Canto: 100.0 cm	Sup X: 36Ø12c/12.5 Sup Y: 17Ø12c/12.5 Inf X: 36Ø12c/12.5 Inf Y: 11Ø16c/20
N78, N86 y N79	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 105.0 cm Ancho inicial Y: 105.0 cm Ancho final X: 105.0 cm Ancho final Y: 105.0 cm Ancho zapata X: 210.0 cm Ancho zapata Y: 210.0 cm Canto: 55.0 cm	Sup X: 9Ø12c/22 Sup Y: 9Ø12c/22 Inf X: 9Ø12c/22 Inf Y: 9Ø12c/22
N80	Zapata rectangular centrada Ancho zapata X: 155.0 cm Ancho zapata Y: 235.0 cm Canto: 80.0 cm	Sup X: 9Ø16c/27 Sup Y: 6Ø16c/27 Inf X: 9Ø16c/27 Inf Y: 6Ø16c/27



Estas son las vigas de atado y vigas centradoras: Descripción de los elementos de cimentación.

Referencias	Geometría	Armado
VC.S-3 [N3-N8]	Ancho: 40.0 cm Canto: 60.0 cm	Superior: 5 Ø25 Inferior: 5 Ø25 Piel: 1x2 Ø12 Estribos: 1xØ8c/30
C [N8-N13], C [N13-N18], C [N18-N23], C [N23-N28], C [N26-N21], C [N21-N16], C [N16-N11] y C [N11-N6]	Ancho: 40.0 cm Canto: 40.0 cm	Superior: 2 Ø20 Inferior: 2 Ø20 Estribos: 1xØ8c/25
C [N28-N34] y C [N78-N86]	Ancho: 40.0 cm Canto: 40.0 cm	Superior: 2 Ø20 Inferior: 2 Ø20 Estribos: 1xØ8c/25
C [N33-N32]	Ancho: 40.0 cm Canto: 40.0 cm	Superior: 2 Ø20 Inferior: 2 Ø20 Estribos: 1xØ8c/25
C [N32-N31]	Ancho: 40.0 cm Canto: 40.0 cm	Superior: 2 Ø20 Inferior: 2 Ø20 Estribos: 1xØ8c/25
C [N31-N26]	Ancho: 40.0 cm Canto: 40.0 cm	Superior: 2 Ø20 Inferior: 2 Ø20 Estribos: 1xØ8c/25
VC.S-3 [N6-N1]	Ancho: 40.0 cm Canto: 60.0 cm	Superior: 5 Ø25 Inferior: 5 Ø25 Piel: 1x2 Ø12 Estribos: 1xØ8c/30
C [N80-N33]	Ancho: 40.0 cm Canto: 40.0 cm	Superior: 2 Ø20 Inferior: 2 Ø20 Estribos: 1xØ8c/25
C [N28-N78] y C [N79-N80]	Ancho: 40.0 cm Canto: 40.0 cm	Superior: 2 Ø20 Inferior: 2 Ø20 Estribos: 1xØ8c/25
C [N86-N79] y C [N34-N80]	Ancho: 40.0 cm Canto: 40.0 cm	Superior: 2 Ø20 Inferior: 2 Ø20 Estribos: 1xØ8c/25

## 2.- CÁLCULO DE ESFUERZOS EN LOS ACIONAMIENTOS:

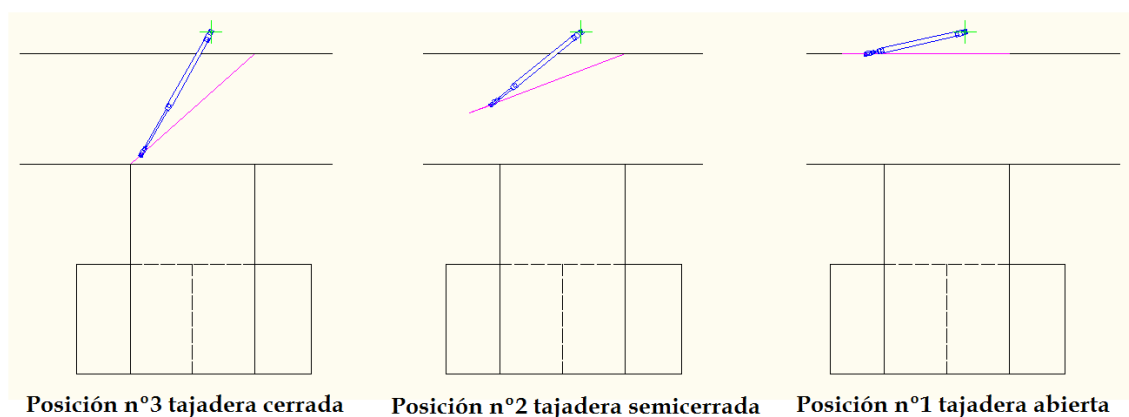
### 2.1.- CÁLCULO DE ESFUERZOS EN TAJADERA SUPERIOR:

El objeto de este apartado es el de calcular los esfuerzos o la fuerza que hay que realizar para que, mediante el elemento a accionar (cilindro neumático), la tajadera superior se mueva y tenga suficiente fuerza como para bloquear, y la comida que se encuentra en la cinta transportadora de distribución, se dirija hacia la acometida.

El primer paso que tenemos que realizar es el de definir las medidas de la cinta transportadora de distribución y las medidas de la acometida. Estas medidas se pueden observar en documento N°4 Planos (plano 5.7)

Una vez sabemos las dimensiones de la cinta, de la acometida y de todos los elementos que forman el sistema de distribución (tajadera superior, tajadera inferior, y puerta de la acometida), hay que definir dónde se va a posicionar el cilindro que acciona en este caso la tajadera superior, qué carrera utilizaremos para que el accionamiento funcione correctamente, en qué punto el cilindro ejercerá fuerza sobre la tajadera superior. En conclusión, debemos definir el funcionamiento del mecanismo que hace que la tajadera superior realice bien su función.

Para comprobar que el mecanismo funcionaba perfectamente hemos utilizado el programa de diseño informático auto CAD, mediante este se ha verificado que geométricamente no hay ningún problema. En la siguiente imagen podemos ver como se ha diseñado el mecanismo para que en ningún punto de su recorrido sufra interferencias con elementos. Podemos ver las cotas en el documento N°4 Planos (plano 5.7)





Cuando ya tenemos todo el mecanismo definido geométricamente, y una vez hechas las comprobaciones de que no existen interferencias en el recorrido, es hora de realizar los cálculos mecánicos necesarios para definir la fuerza que debe realizar el cilindro para que el mecanismo funcione sin problemas. Seguiremos los siguientes pasos:

### 1. Cálculo del peso de la tajadera superior:

La tajadera superior es rectangular y de área  $0.4 \text{ m} \times 0.792 \text{ m} = 0.31 \text{ m}^2$

Tiene un espesor de  $1.5 \text{ mm}$

El volumen que ocupa es  $\Rightarrow V_{\text{tajadera}} = 0.31 \text{ m}^2 \times 1.5 \times 10^{-3} \text{ m} \Rightarrow V = 4.75 \times 10^{-4} \text{ m}^3$

Masa de la tajadera  $\Rightarrow M = \text{Densidad} \times \text{Volumen} \Rightarrow 7800 \text{ Kg/m}^3 \times 4.75 \times 10^{-4} \text{ m}^3 = 3.70 \text{ Kg}$

Peso de la tajadera  $\Rightarrow P = g \times M \Rightarrow 9.81 \text{ m/s}^2 \times 3.70 \text{ Kg} \Rightarrow \mathbf{P = 36.36 \text{ N}}$

### 2. Cálculo del momento horario a vencer, generado por la tajadera en vacío:

Según el libro titulado Física General, escrito por: Santiago Burbano, la fuerza necesaria para abrir una puerta tirando de su manilla (situada en el extremo opuesto al eje de giro) es la centésima parte de su peso. Teniendo en cuenta este dato y considerando el rozamiento en las bisagras de la tajadera despreciable, podemos calcular el valor de la fuerza necesaria para abrir o cerrar la tajadera aplicando la fuerza en el extremo opuesto al eje de giro que se encuentra a una distancia de  $792 \text{ mm} = 0.79 \text{ m}$ .

Fuerza para abrir o cerrar tajadera  $= P/100 \Rightarrow F_{\text{tajadera}} = 36.36 \text{ N}/100 \Rightarrow F_t = 0.36 \text{ N}$

Momento necesario en el punto A  $\Rightarrow 0.36 \text{ N} \times 0.792 \text{ m} \Rightarrow \mathbf{\text{Momento en A} = 0.28 \text{ N}\cdot\text{m}}$

### 3. Cálculo del momento horario que genera el flujo de comida:

La tajadera bloquea el flujo de comida, y a su vez la comida ejerce una fuerza sobre la tajadera que se traduce en un momento horario en el eje de giro de la tajadera superior. Para calcular este momento previamente necesitamos conocer la fuerza que ejerce la comida sobre la tajadera.

Se ha realizado un cálculo al alza, ya que determinar de forma precisa esta fuerza es muy complicado debido a que el flujo de paja que ejerce la fuerza va variando su densidad en función del tiempo y también porque el flujo de paja no es constante, debido a que se forman bolos de paja. Este es el motivo por el que se ha aproximado al alza la fuerza que realiza la paja sobre la tajadera. De esta manera:

Vamos a tomar el valor de empuje de la comida como si fuese una columna de comida que está apoyada verticalmente sobre la tajadera.

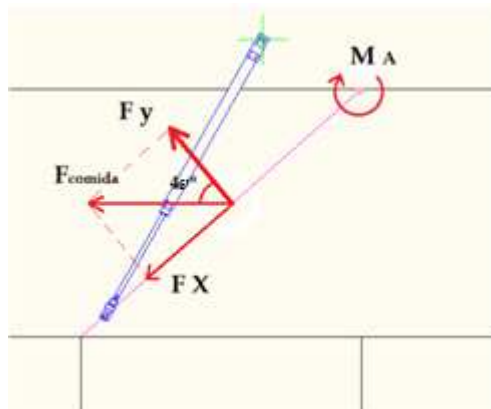
Teniendo en cuenta que se preparan como máxima 1500 Kg de comida diaria y en la explotación existen 14 lotes cada uno con dos comederos, a cada comedero recibirá la vigesimoctava parte de la comida diaria, es decir;  $1500\text{Kg}/28 = 53.57 \text{ Kg}$ .

$$F_{\text{columna de comida}} = 53.57 \text{ Kg} \times 9.81 \text{ m/s}^2 = 525.53 \text{ N}$$

Debido a la secuencia de funcionamiento del sistema automático de alimentación, en ningún momento tendremos toda la comida empujando a la vez, por lo tanto, supondremos que 1/4 de la comida total empuja contra la tajadera, por ello:

$$F_{\text{columna de comida real}} = 525.53/4 \Rightarrow F_{\text{de la comida}} = 131.38 \text{ N}$$

Debido a que en el único momento en el que la paja o comida empuja contra la tajadera, esta se encuentra inclinada para poder desviar la comida hacia el comedero, esta inclinación hace que la fuerza de la columna de comida real antes calculada, se divida en componentes X e Y como podemos observar en la siguiente imagen. Sin embargo el único componente que realiza un empuje es la  $F_Y$  columna de comida, ya que  $F_X$  se anula.



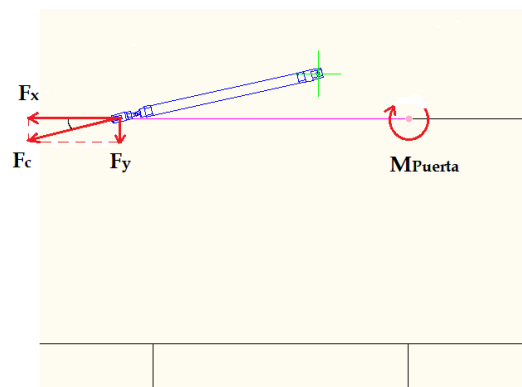
$$\cos(46^\circ) = F_Y \text{ columna} / 131.38 \text{ N} \Rightarrow F_Y \text{ columna} = \cos(46^\circ) \times 131.38 \text{ N} = 91.26 \text{ N}$$

Como podemos observar en la imagen anterior, la fuerza  $F_Y$  es perpendicular a la tajadera superior y está aplicada en el centro de gravedad de la tajadera. Así que esta fuerza  $F_Y$  realiza el siguiente momento horario  $M_A$ :

$$M_A = 91.26 \text{ N} \times 0.39 \text{ m} \Rightarrow M_A = \mathbf{35.59 \text{ N} \cdot \text{m}}$$

#### 4. Cálculo de la fuerza necesaria a realizar por el cilindro en la posición N°1:

Una vez conocemos el momento torsor que todas las cargas generan en el eje de giro de la tajadera superior, y teniendo en cuenta que en la situación N°1 la comida no ejerce ningún momento sobre la tajadera, el cilindro únicamente deberá vencer el momento generado por el propio peso de la tajadera.



Debemos realizar sumatorio de momentos igual a 0 en el punto A, para poder obtener el valor de la  $F_Y$  que está aplicada a 0.64 m del eje de giro (punto A).

$$M_{\text{Tajad.}} = F_Y \times 0.64 \text{ m} \Rightarrow F_Y = M_{\text{Tajad.}} / 0.64 \text{ m} \Rightarrow F_Y = 0.28 \text{ N} \cdot \text{m} / 0.64 \text{ m} \Rightarrow F_Y = 0.43 \text{ N}$$

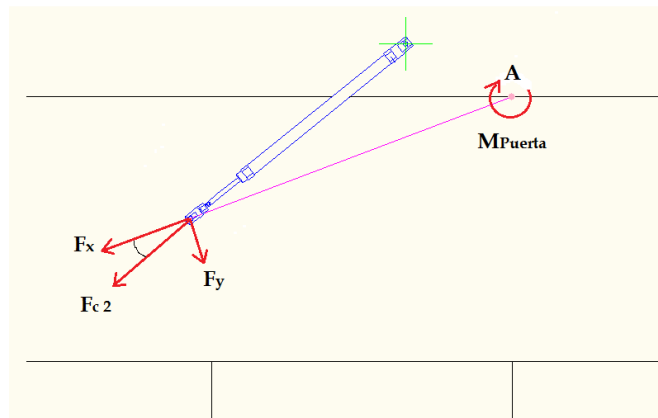
Por último debemos calcular la  $F_C$ . Mediante trigonometría calcularemos la fuerza que el cilindro debe realizar para abrir o cerrar la tajadera superior en la situación N°1.

$$\sin(13^\circ) = 0.43 \text{ N} / F_C \Rightarrow F_C = 0.406 \text{ N} / \sin(13^\circ) \Rightarrow F_C = \mathbf{1.94 \text{ N}}$$



## 5. Cálculo de la fuerza necesaria a realizar por el cilindro en la posición N°2:

Una vez conocemos el momento torsor que todas las cargas generan en el eje de giro de la tajadera superior y teniendo en cuenta que en la situación N°2 la comida no ejerce ningún momento sobre la tajadera, el cilindro únicamente deberá vencer el momento generado por el propio peso de la tajadera.



Debemos realizar sumatorio de momentos igual a 0 en el punto A, para poder obtener el valor de la  $F_Y$  que esta aplicada a 0.64 m del eje de giro (punto A).

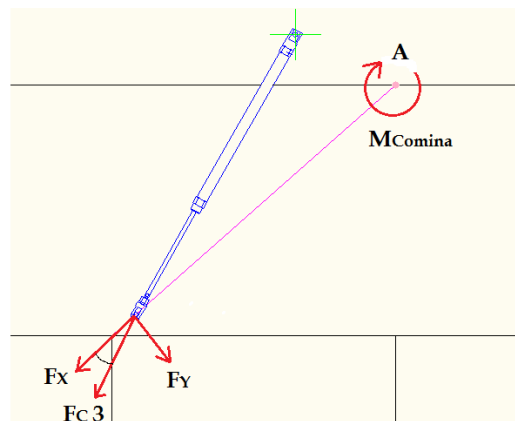
$$M_{Tajad.} = F_Y \times 0.64 \text{ m} \Rightarrow F_Y = M_{Tajad.} / 0.64 \text{ m} \Rightarrow F_Y = 0.28 \text{ N}\cdot\text{m} / 0.64 \text{ m} \Rightarrow F_Y = 0.43 \text{ N}$$

Por último debemos calcular la  $F_C 2$ . Mediante trigonometría calcularemos la fuerza que el cilindro debe realizar para abrir o cerrar la tajadera superior en la situación N°2.

$$\text{Sen}(18^\circ) = 0.43 \text{ N} / F_C 2 \Rightarrow F_C 2 = 0.43 \text{ N} / \text{Sen}(18^\circ) \Rightarrow \mathbf{F_C 2 = 1.39 \text{ N}}$$

## 6. Cálculo de la fuerza necesaria a realizar por el cilindro en la posición N°3:

Una vez conocemos el momento torsor que todas las cargas generan en el eje de giro de la tajadera superior y teniendo en cuenta que en la situación N°3 la comida si ejerce momento sobre la tajadera, pero esta vez el momento generado por la puerta no es necesaria superarlo, el cilindro únicamente deberá vencer el momento generado por el empuje de la comida.



Debemos realizar sumatorio de momentos igual a 0 en el punto A, para poder obtener el valor de la  $F_Y$  que esta aplicada a 0.64 m del eje de giro (punto A).

$$M_{Comida} = F_Y \times 0.64 \text{ m} \Rightarrow F_Y = M_{Comida} / 0.64 \text{ m} \Rightarrow F_Y = 35.59 \text{ N} \cdot \text{m} / 0.64 \text{ m} \Rightarrow F_Y = 55.60 \text{ N}$$

Por último debemos calcula la  $F_C 3$ . Mediante trigonometría calcularemos la fuerza que el cilindro debe realizar para abrir o cerrar la tajadera superior en la situación N°3.

$$\text{Sen}(19^\circ) = 55.60 \text{ N} / F_C 3 \Rightarrow F_C 3 = 55.60 \text{ N} / \text{Sen}(20^\circ) \Rightarrow \mathbf{F_C 3 = 162.59 \text{ N}}$$

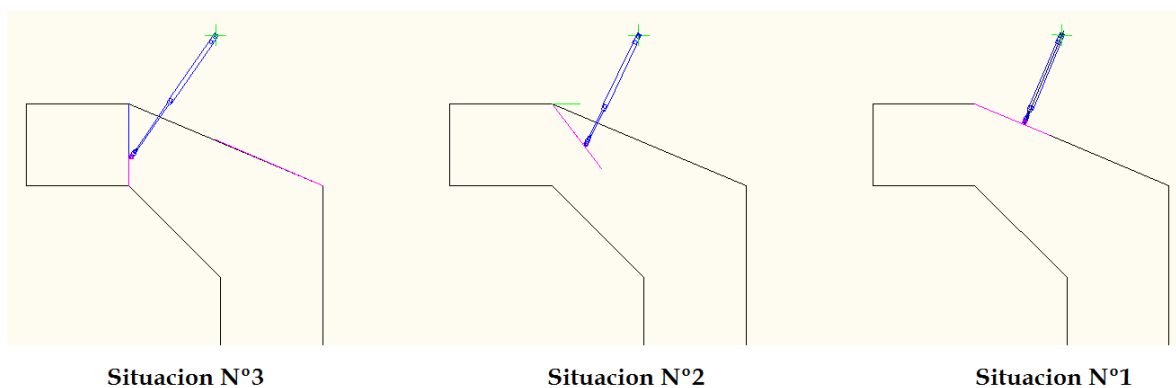
## 7. Selección de la situación más desfavorable para determinar la $F_C$ :

De cada una de las tres situaciones hemos calculado tres fuerzas diferentes, que correspondían a la fuerza que debía de hacer el cilindro para abrir o cerrar la tajadera superior en cada situación. Comparamos las 3 y deducimos que la más desfavorable es la situación N° 3 y por lo tanto la fuerza a realizar por el cilindro es:  $\mathbf{F_C = 162.59 \text{ N}}$

## 2.2.- CÁLCULO DE ESFUERZOS EN PUERTA DE LA ACOMETIDA:

En primer lugar hay que definir dónde se va a posicionar el cilindro que acciona en este caso la puerta de la acometida, qué carrera utilizaremos para que el accionamiento funcione correctamente, en qué punto el cilindro ejercerá fuerza sobre la puerta de la acometida. En conclusión, debemos definir el funcionamiento del mecanismo que hace que la puerta de la acometida realice bien su función.

Para comprobar que el mecanismo funcione perfectamente hemos utilizado el programa de diseño informático auto CAD mediante este se ha verificado que geométricamente no hay ningún problema. En la siguiente imagen podemos ver como se ha diseñado el mecanismo para que en ningún punto de su recorrido sufra interferencias con elementos. Podemos ver las cotas en el documento N°4 Planos (plano 5.7)



Cuando ya tenemos todo el mecanismo definido geométricamente y una vez hechas las comprobaciones de que no existen interferencias en el recorrido, es hora de realizar los cálculos mecánicos necesarios para definir la fuerza que debe realizar el cilindro para que el mecanismo funcione sin problemas. Seguiremos los siguientes pasos:

### 1. Cálculo del peso de la puerta de la acometida:

La puerta de la acometida es rectangular y de área  $0.4 \text{ m} \times 0.566 \text{ m} = 0.22 \text{ m}^2$

Tiene un espesor de 1.5 mm

El volumen que ocupa es  $\Rightarrow V_{\text{puerta}} = 0.22 \text{ m}^2 \times 1.5 \times 10^{-3} \text{ m} \Rightarrow V = 3.40 \times 10^{-4} \text{ m}^3$

Masa de la puerta  $\Rightarrow M = \text{Densidad} \times \text{Volumen} \Rightarrow 7800 \text{ Kg/m}^3 \times 3.40 \times 10^{-4} \text{ m}^3 = 2.64 \text{ Kg}$

Peso de la puerta  $\Rightarrow P = g \times M \Rightarrow 9.81 \text{ m/s}^2 \times 2.64 \text{ Kg} \Rightarrow \mathbf{P = 25.98 \text{ N}}$



## 2. Cálculo del momento horario a vencer, generado por el peso de la puerta:

Esta puerta gira sobre un eje y debido a la fuerza que ejerce la masa de la puerta se genera un momento. La fuerza  $F$  puerta, está aplicada en el centro de gravedad de la puerta (a una distancia de 0.2 m del eje de giro) y genera el momento horario antes citado, que el cilindro deberá vencer para abrir y cerrar la puerta que comunica la cinta de distribución con la acometida. Supondremos despreciable la fuerza de rozamiento en las bisagras debido a que estas siempre estarán lubricadas.

Para poder calcular el momento generado por el peso de la fuerza, primero debemos descomponer la fuerza del peso de la puerta en  $F_y$  puerta y  $F_x$  puerta. Una vez hecho esto, calculamos la componente  $F_y$  puerta, que la componente  $F_x$  puerta no genera momento.

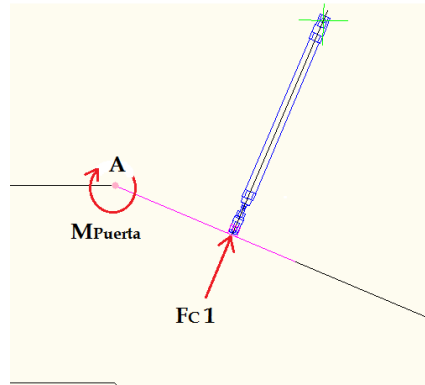
$$F_y \text{ puerta} = \cos(23) \times 25.98 \text{ N} \Rightarrow F_y \text{ puerta} = 23.91 \text{ N}$$

$$\text{Momento necesario en el punto A} \Rightarrow 23.91 \text{ N} \times 0.2 \text{ m} \Rightarrow \text{Momento en A} = 4.78 \text{ N}\cdot\text{m}$$

## 3. Cálculo de la fuerza necesaria a realizar por el cilindro en la posición N°1:

Una vez conocemos el momento torsor que todas las cargas generan en el eje de giro de la puerta de la acometida, calculamos la fuerza que debe realizar el cilindro en la situación N°1.

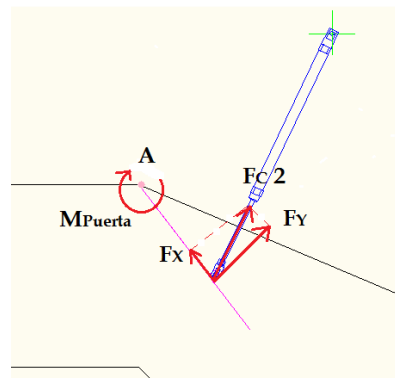
Debemos realizar sumatorio de momentos igual a 0 en el punto A, para poder obtener el valor de la  $F_Y$  que está aplicada a 0.26 m del eje de giro (punto A). Esta fuerza  $F_Y$  es directamente la  $F_C$  1 ya que el cilindro está colocado perpendicular a la puerta.



$$M_{\text{Puerta}} = F_{C1} \times 0.26 \text{ m} \Rightarrow F_Y = M_{\text{Puerta}} / 0.26 \text{ m} \Rightarrow F_Y = 4.78 \text{ N} \cdot \text{m} / 0.26 \text{ m} \Rightarrow \mathbf{F_{C1} = 18.39 \text{ N}}$$

#### 4. Cálculo de la fuerza necesaria a realizar por el cilindro en la posición N°2:

Una vez conocemos el momento torsor que todas las cargas generan en el eje de giro de la puerta de la acometida, calculamos la fuerza que debe realizar el cilindro en la situación N°2. El momento  $M_A$  y ahora es:  $M_{A \text{ puerta}} = 3.12 \text{ N} \cdot \text{m}$



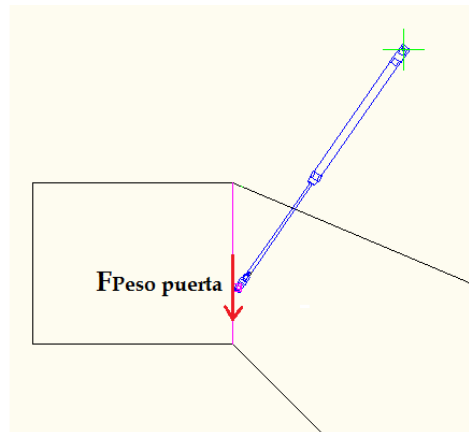
Debemos realizar el sumatorio de momentos igual a 0 en el punto A, para poder obtener el valor de la  $F_Y$  que esta aplicada a 0.26 m del eje de giro (punto A).

$$M_{\text{Puerta}} = F_Y \times 0.26 \text{ m} \Rightarrow F_Y = M_{\text{Puerta}} / 0.26 \text{ m} \Rightarrow F_Y = 3.12 \text{ N} \cdot \text{m} / 0.26 \text{ m} \Rightarrow \mathbf{F_Y = 12.00 \text{ N}}$$

Por último debemos calcular la  $F_C 2$ . Mediante trigonometría calcularemos la fuerza que el cilindro debe realizar para abrir o cerrar la puerta en la situación N°2.

$$\cos(26^\circ) = 12 \text{ N} / F_{C2} \Rightarrow F_{C2} = 12 \text{ N} / \cos(26^\circ) \Rightarrow \mathbf{F_{C2} = 13.35 \text{ N}}$$

5. Cálculo de la fuerza necesaria a realizar por el cilindro en la posición N°3:



En esta posición N°3 (justo en este instante) no se realizan fuerzas, ya que la componente del peso es vertical y se anula al ser paralela a la puerta.

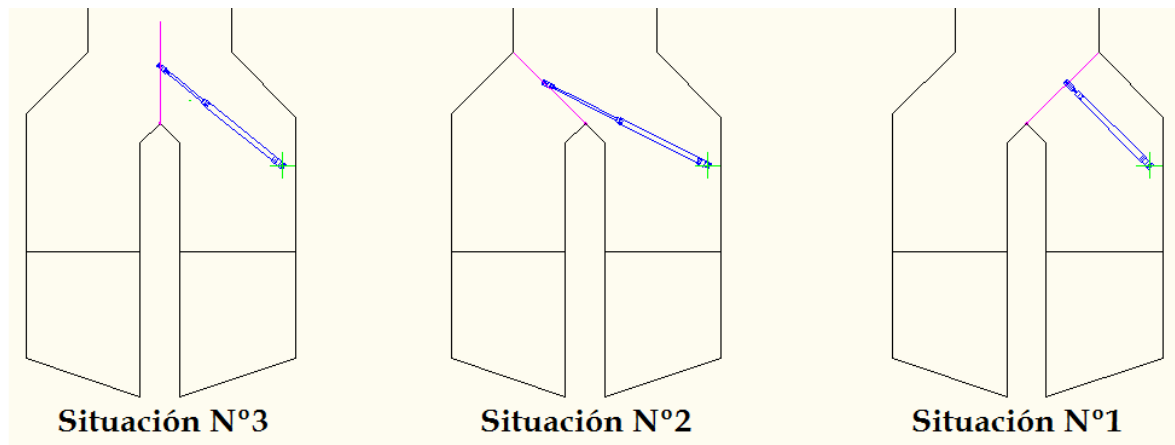
6. Selección de la situación más desfavorable para determinar la  $F_C$ :

De cada una de las tres situaciones hemos calculado tres fuerzas diferentes, que correspondían a la fuerza que debía de hacer el cilindro para abrir o cerrar la puerta de la acometida en cada situación. Comparamos las 3 y deducimos que la más desfavorable es la situación N° 1 y por lo tanto la fuerza a realizar por el cilindro es:  $F_C = 18.39 \text{ N}$

## 2.3.- CÁLCULO DE ESFUERZOS EN TAJADERA INFERIOR:

En primer lugar hay que definir dónde se va a posicionar el cilindro que acciona en este caso la tajadera inferior, qué carrera utilizaremos para que el accionamiento funcione correctamente, en qué punto el cilindro ejercerá fuerza sobre la tajadera inferior. En conclusión debemos definir el funcionamiento del mecanismo que hace que la tajadera inferior realice bien su función.

Para comprobar que el mecanismo funcionaba perfectamente hemos utilizado el programa de diseño informático auto CAD. En la siguiente imagen podemos ver como se ha diseñado el mecanismo para que en ningún punto de su recorrido sufra interferencias con elementos. Podemos ver las cotas en el documento N°4 Planos (plano 5.7)



Cuando ya tenemos todo el mecanismo definido geométricamente y una vez hechas las comprobaciones de que no existen interferencias en el recorrido, es hora de realizar los cálculos mecánicos necesarios para definir la fuerza que debe realizar el cilindro para que el mecanismo funcione sin problemas. Seguiremos los siguientes pasos:

### 1. Cálculo del peso de la tajadera inferior:

La tajadera inferior es rectangular y de área  $0.4 \text{ m} \times 0.5 \text{ m} = 0.2 \text{ m}^2$

Tiene un espesor de  $1.5 \text{ mm}$

El volumen que ocupa es  $\Rightarrow V_{\text{puerta}} = 0.2 \text{ m}^2 \times 1.5 \times 10^{-3} \text{ m} \Rightarrow V = 3.00 \times 10^{-4} \text{ m}^3$

Masa de la tajadera  $\Rightarrow M = \text{Densidad} \times \text{Volumen} \Rightarrow 7800 \text{ Kg/m}^3 \times 3.00 \times 10^{-4} \text{ m}^3 = 2.34 \text{ Kg}$

Peso de la tajadera  $\Rightarrow P = g \times M \Rightarrow 9.81 \text{ m/s}^2 \times 2.64 \text{ Kg} \Rightarrow \mathbf{P = 22.95 \text{ N}}$

## 2. Cálculo del momento horario a vencer, generado por el peso de la tajadera inferior:

Esta tajadera gira sobre un eje y debido a la fuerza que ejerce la masa de la tajadera se genera un momento. La fuerza  $F$  tajadera, esta aplicada en el centro de gravedad de la tajadera (a una distancia de 0.2 m del eje de giro) y genera el momento horario antes citado, que el cilindro deberá vencer para abrir y cerrar la tajadera que dirige la comida hacia un comedero u otro. Supondremos despreciable la fuerza de rozamiento en las bisagras debido a que estas siempre estarán lubricadas.

Para poder calcular el momento generado por el peso de la tajadera, primero debemos descomponer la fuerza del peso de la tajadera en  $F_y$  puerta y  $F_x$  puerta. Una vez hecho esto, calculamos únicamente la componente  $F_y$  puerta, ya que la componente  $F_x$  puerta no genera momento.

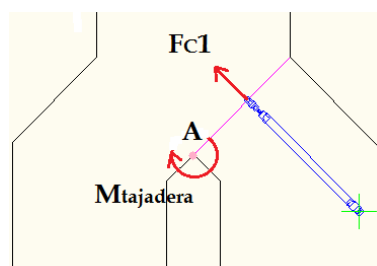
$$F_y \text{ tajadera} = \cos(45) \times 22.95 \text{ N} \Rightarrow F_y \text{ tajadera} = 16.23 \text{ N}$$

$$\text{Momento necesario en el punto A} \Rightarrow 16.23 \text{ N} \times 0.2 \text{ m} \Rightarrow \text{Momento en A} = 3.24 \text{ N}\cdot\text{m}$$

## 3. Cálculo de la fuerza necesaria a realizar por el cilindro en la posición N°1:

Una vez conocemos el momento torsor que todas las cargas generan en el eje de giro de la tajadera, calculamos la fuerza que debe realizar el cilindro en la situación N°1.

Debemos realizar sumatorio de momentos igual a 0 en el punto A, para poder obtener el valor de la  $F_Y$  que está aplicada a 0.22 m del eje de giro (punto A). Esta fuerza  $F_Y$  es directamente la  $F_C 1$  ya que el cilindro está colocado perpendicular a la tajadera.



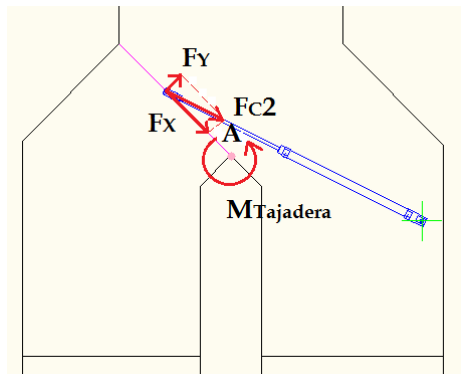


$$M_{Tajad.} = F_{C1} \times 0.22 \text{ m} \Rightarrow F_Y = M_{Tajad.}/0.22 \text{ m} \Rightarrow F_Y = 3.24 \text{ N*m} / 0.22 \text{ m} \Rightarrow \mathbf{F_{C1} = 14.42 \text{ N}}$$

#### 4. Cálculo de la fuerza necesaria a realizar por el cilindro en la posición N°2:

Una vez conocemos el momento torsor que todas las cargas generan en el eje de giro de la tajadera inferior, calculamos la fuerza que debe realizar el cilindro en la situación N°2.

Debemos realizar sumatorio de momentos igual a 0 en el punto A, para poder obtener el valor de la  $F_Y$  que está aplicada a 0.22 m del eje de giro (punto A)

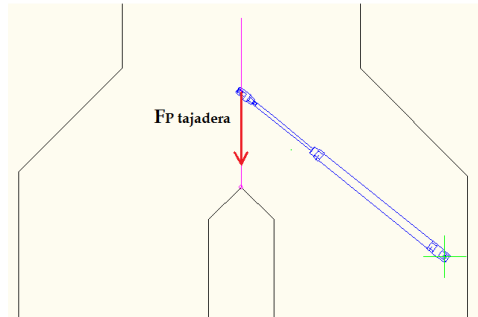


$$M_{Tajad.} = F_Y \times 0.22 \text{ m} \Rightarrow F_Y = M_{Tajad.}/0.22 \text{ m} \Rightarrow F_Y = 3.24 \text{ N*m} / 0.22 \text{ m} \Rightarrow F_Y = 14.42 \text{ N}$$

Por último debemos calcular la  $F_C 2$ . Mediante trigonometría calcularemos la fuerza que el cilindro debe realizar para abrir o cerrar la tajadera en la situación N°2.

$$\text{Sen}(18^\circ) = 14.42 \text{ N} / F_C 2 \Rightarrow F_C 2 = 14.42 \text{ N} / \text{Sen}(18^\circ) \Rightarrow \mathbf{F_C 46.66 \text{ N}}$$

5. Cálculo de la fuerza necesaria a realizar por el cilindro en la posición N°3:



En esta posición N°3 no se realizan fuerzas ya que la componente del peso es vertical y se anula al ser paralela a la tajadera.

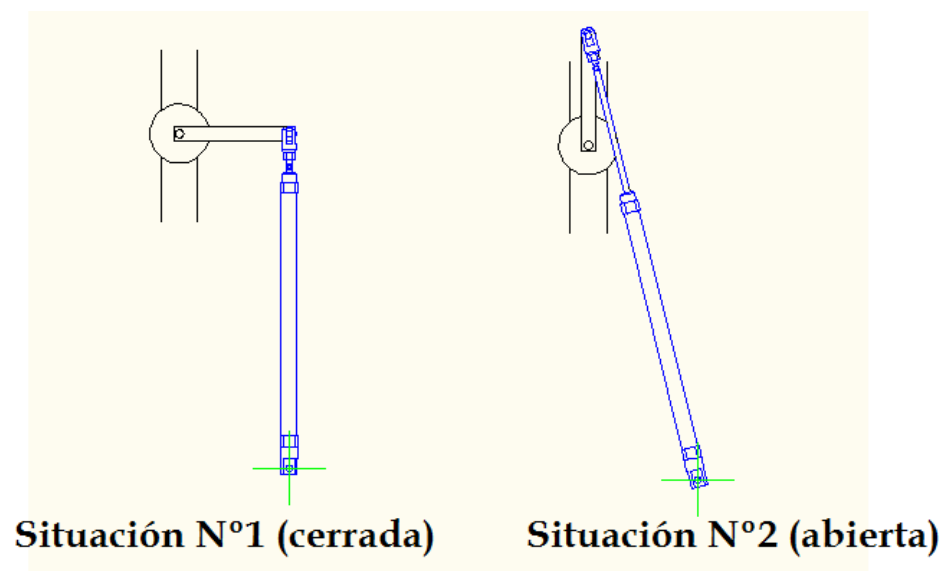
6. Selección de la situación más desfavorable para determinar la  $F_C$ :

De cada una de las tres situaciones hemos calculado tres fuerzas diferentes, que correspondían a la fuerza que debía de hacer el cilindro para abrir o cerrar la tajadera inferior en cada situación. Comparamos las 3 y deducimos que la más desfavorable es la situación N° 2 y por lo tanto la fuerza a realizar por el cilindro es:  $F_C = 46.66 \text{ N}$

## 2.4.- CÁLCULO DE ESFUERZOS EN LLAVE DE PASO:

En primer lugar hay que definir dónde se va a posicionar el cilindro que acciona (en este caso la llave de paso), qué carrera utilizaremos para que el accionamiento funcione correctamente, en qué punto el cilindro ejercerá fuerza sobre la llave de paso, en conclusión debemos definir el funcionamiento del mecanismo que hace que la llave de paso realice bien su función.

Para comprobar que el mecanismo funcionaba perfectamente hemos utilizado el programa de diseño informático auto CAD. En la siguiente imagen podemos ver como se ha diseñado el mecanismo para que en ningún punto de su recorrido sufra interferencias con elementos.



Cuando ya tenemos todo el mecanismo definido geométricamente y una vez hechas las comprobaciones de que no existen interferencias en el recorrido, es hora de realizar los cálculos mecánicos necesarios para definir la fuerza que debe realizar el cilindro para que el mecanismo funcione sin problemas. Seguiremos los siguientes pasos:

1. Cálculo del momento a vencer, generado por el empuje del agua sobre la válvula de bola y la fuerza de rozamiento en esta válvula:

El cálculo de este momento es muy complejo, ya que hay que tener en cuenta el caudal del agua, el coeficiente de pérdidas de carga en la válvula, geometría de la

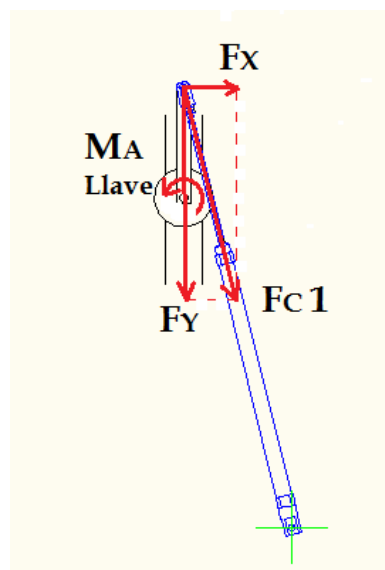
válvula... Además a hay que realizar el cálculo teniendo un régimen turbulento. Por lo tanto, lo que se ha hecho ha sido consultar en las tablas del fabricante, el momento necesario para cerrar ese modelo de válvula en función del caudal máximo de agua que atravesase esa tubería (se considera el mismo momento para cerrar y para abrir la válvula). Según el fabricante es necesario un momento torsor de  $5.15 \text{ N}\cdot\text{m}$ . Además de esta consulta, para asegurarnos al 100% de que ese momento corresponde al par torsor necesario para cerrar ese modelo de válvula, se ha llevado a cabo una comprobación práctica que consiste en cerrar la llave de paso utilizando una llave dinamométrica, de esta forma sabremos con exactitud el momento torsor necesario. El valor del momento torsor medido mediante la llave dinamométrica ha sido de  $5.25 \text{ N}\cdot\text{m}$ . Esta pequeña diferencia puede deberse a que la llave de paso está algo deteriorada y por lo tanto el mecanismo de bola ofrece algo más de resistencia que cuando estaba nueva. Así que, como coeficiente de seguridad, para realizar el cálculo de momento a vencer, tomaremos el valor de:

**Momento  $A = 5.25 \text{ N}\cdot\text{m}$**

## 2. Cálculo de la fuerza necesaria a realizar por el cilindro en la posición N°1:

Una vez conocemos el momento torsor que las cargas generan en el eje de giro de la llave de paso, calculamos la fuerza que debe realizar el cilindro en la situación N°1.

Debemos realizar sumatorio de momentos igual a 0 en el punto A, para poder obtener el valor de la  $F_x$  que está aplicada a  $0.15 \text{ m}$  del eje de giro (punto A).



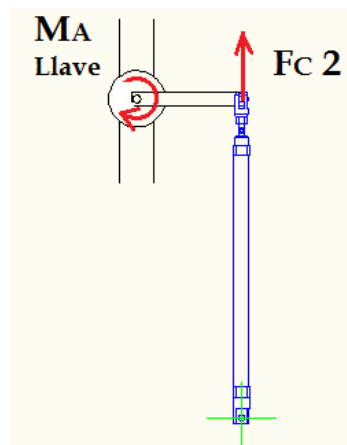
$$M_{Llave.} = F_Y \times 0.15 \text{ m} \Rightarrow F_Y = M_{Llave.}/0.15 \text{ m} \Rightarrow F_Y = 5.25 \text{ N}\cdot\text{m} / 0.15 \text{ m} \Rightarrow F_Y = 35 \text{ N}$$

Por último debemos calcular la  $F_C$  1. Mediante trigonometría calcularemos la fuerza que el cilindro debe realizar para abrir o cerrar la tajadera en la situación N°1.

$$\text{Sen}(18^\circ) = 35 \text{ N} / F_C 1 \Rightarrow F_C 2 = 35 \text{ N} / \text{Sen}(14^\circ) \Rightarrow \mathbf{F_C 144.67 \text{ N}}$$

### 3. Cálculo de la fuerza necesaria a realizar por el cilindro en la posición N°2:

Una vez conocemos el momento torsor que las cargas generan en el eje de giro de la llave de paso, calculamos la fuerza que debe realizar el cilindro en la situación N°2. Debemos realizar sumatorio de momentos igual a 0 en el punto A, para poder obtener el valor de la  $F_Y$  que está aplicada a 0.15 m del eje de giro (punto A). Esta fuerza  $F_Y$  es directamente la  $F_C$  2 ya que el cilindro está colocado perpendicular a la llave de paso.



$$M_{Llave.} = F_C 2 \times 0.15 \text{ m} \Rightarrow F_C 2 = M_{Llave.}/0.15 \text{ m} \Rightarrow F_C 2 = 5.25 \text{ N}\cdot\text{m} / 0.15 \text{ m} \Rightarrow \mathbf{F_C 2= 35 \text{ N}}$$

### 4. Selección de la situación más desfavorable para determinar la $F_C$ :

Entre las dos situaciones hemos calculado dos fuerzas diferentes, que correspondían a la fuerza que debía de hacer el cilindro para abrir o cerrar la llave de paso en cada situación. Comparamos las dos y deducimos que la más desfavorable es la situación N° 1 y por lo tanto la fuerza a realizar por el cilindro es:  $\mathbf{F_C = 144.64 \text{ N}}$



### 3.- CÁLCULOS NEUMÁTICOS:

#### 3.1.- INTRODUCCIÓN:

En este apartado del proyecto lo que se va a hacer es calcular todo lo relacionado con los elementos neumáticos, que se instalarán en el sistema: Tipos de cilindros que se van a utilizar, válvulas para controlar los cilindros, tipo de tubo para conducir el aire a presión, tipo de racores para conectar el tubo con los diferentes elementos neumáticos, tipo de reguladoras de caudal, FRL (filtro regulador y lubricador) o unidad de mantenimiento y por último el tipo de válvula de arranque progresivo. Una vez tenemos calculados todos los elementos del sistema neumático, sabremos si el compresor con el que cuenta la explotación proporciona caudal de aire suficiente como para hacer funcionar el sistema neumático, o por lo contrario, el caudal que proporciona el compresor no es suficiente y hay que remplazarlo por uno que proporciona mas caudal.

El compresor que existe en la instalación tiene estas características técnicas:

1. Potencia: 10 CV o 7.33 Kw
2. Presión máxima: 15 Bar
3. Caudal efectivo: 1400 litros N/min
4. Capacidad: 500 litros
5. Mecánica: Compresor de pistón

Este sistema neumático realiza la labor de expulsar la comida de la cinta transportadora de distribución e introducirla en los comederos. Por cada dos comederos hay una acometida con tres cilindros neumáticos y un total de 13 acometidas. El primer cilindro acciona la tajadera que corta el paso a la comida que se desplaza sobre la cinta y la expulsa hacia el comedero. El segundo cilindro abre y cierra la puerta que comunica la cinta con la acometida de caída hacia el comedero. Y el tercer cilindro acciona la tajadera que dirige la comida hacia un comedero u otro. Un total de 39 cilindros más 1 para el agua.

Para hacer la elección de todo este material se ha seguido en todo momento el mismo sistema. Primero se calcula matemáticamente todos los datos necesarios y después con esos datos se selecciona el cilindro o elemento correspondiente consultando un catálogo. En este caso se ha utilizado el catálogo de la casa SMC.



## 3.2.- ACTUADORES NEUMÁTICOS:

### 3.2.1.- CILINDRO Nº1 TAJADERA SUPERIOR.

Este cilindro es el encargado de accionar la tajadera superior que corta el paso a la comida y la dirige hacia la acometida para que caiga al comedero.

Este cilindro está colocado horizontalmente sobre un apoyo y a su vez, este apoyo está soldado a la carcasa protectora de la cinta transportadora. La fuerza necesaria que debe realizar el cilindro para que la tajadera tenga suficiente fuerza para detener la comida y dirigirla hacia la acometida, se ha calculado en el apartado anterior Nº2 (CÁLCULO DE ESFUERZOS EN LOS ACIONAMIENTOS). Para este cilindro la fuerza máxima que debe realizar es de 145 N. Teniendo en cuenta que se ha regulado la presión del sistema para que todos los cilindros trabajen con una presión máxima de 6 bares, estos han sido los cálculos realizados para la selección del cilindro:

- Diámetro necesario que tiene que tener el émbolo del cilindro:

$$\text{Fuerza} = 145 \text{ N} ; \text{Presión} = 6 \text{ bar} = 6 \cdot 10^5 \text{ Pas}$$

$$\text{Presión} = \text{Fuerza/superficie}$$

$$\text{Superficie} = \text{fuerza/presión}$$

$$S = \frac{162.59 \text{ N}}{6 \times 10^5 \text{ Pas}} = 2.70 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$S = \frac{\pi \times D^2}{4} ; 2.70 \times 10^{-4} = \frac{\pi \times D^2}{4} ; D = \sqrt{\frac{4 \times 2.70 \times 10^{-4}}{\pi}} = 0.0185 \text{ m} = 18.54 \text{ mm}$$

- Selección de cilindro:

Con el diámetro calculado, nos dirigimos al catálogo de la casa SMC y elegimos el cilindro de diámetro 20 mm que es el inmediatamente superior al diámetro 18.54 mm. Después nos aseguramos de que los cilindros de ese diámetro tienen carreras de hasta 300 mm, que es la que necesitamos. Este ha sido el cilindro seleccionado:

Cilindro de doble efecto, con sujeción mediante hembra de charnela, amortiguación elástica, diámetro del émbolo 20 mm, carrera del vástago 300 mm y con dos detectores magnéticos; REF- **CDM2D20-300C73CZ** de la casa SMC.

### 3.2.2.- CILINDRO N°2 PUERTA HACIA ACOMETIDA.

Este cilindro es el encargado de accionar la puerta que abre y cierra el hueco existente en la carcasa protectora de la cinta transportadora que comunica la cinta de distribución con la acometida.

Este cilindro está colocado verticalmente sobre un apoyo articulado y a su vez este apoyo está soldado a la carcasa metálica de la acometida. La fuerza necesaria que debe realizar el cilindro para abrir la puerta, que dejaría pasar la comida desde la citan distribuidora hacia la acometida, se ha calculado en el apartado anterior N°2 (CÁLCULO DE ESFUERZOS EN LOS ACIONAMIENTOS). Para este cilindro la fuerza máxima que debe realizar es de 22.99 N. Teniendo en cuenta que se ha regulado la presión del sistema para que todos los cilindros trabajen con una presión máxima de 6 bares, estos han sido los cálculos realizados para la selección del cilindro:

- Diámetro necesario que tiene que tener el émbolo del cilindro:

$$\text{Fuerza} = 18.39 \text{ N}$$

$$\text{Presión} = 6 \text{ bar} = 6 \cdot 10^5 \text{ Pas}$$

$$\text{Presión} = \text{Fuerza/superficie}$$

$$\text{Superficie} = \text{fuerza/presión}$$

$$S = \frac{18.39 \text{ N}}{6 \times 10^5 \text{ Pas}} = 3.06 \times 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$S = \frac{\pi \times D^2}{4} ; 3.06 \times 10^{-5} = \frac{\pi \times D^2}{4} ; D = \sqrt{\frac{4 \times 3.06 \times 10^{-5}}{\pi}} = 0.0062 \text{ m} = 6.24 \text{ mm}$$

- Selección de cilindro:

Con el diámetro calculado, nos dirigimos al catálogo de la casa SMC y elegimos el cilindro de diámetro 20 mm que es el inmediatamente superior al diámetro 6.24 mm. Después nos aseguramos de que los cilindros de ese diámetro tienen carreras de hasta 300mm, que es la que necesitamos. Este ha sido el cilindro seleccionado:

Cilindro de doble efecto, con sujeción mediante hembra de charnela, amortiguación elástica, diámetro del émbolo 20 mm, carrera del vástago 300 mm y con dos detectores magnéticos; REF- **CDM2D20-300C73CZ** de la casa SMC.





### 3.2.3.- CILINDRO N°3 TAJADERA INFERIOR.

Este cilindro es el encargado de accionar la tajadera inferior que dirige la comida que cae a través de la acometida, hacia el comedero de la derecha o el de la izquierda.

Este cilindro está colocado verticalmente sobre un apoyo articulado y a su vez este apoyo está soldado a la carcasa metálica de la acometida. La fuerza necesaria que debe realizar el cilindro para hacer girar la tajadera sobre sus bisagras y así colocar la tajadera de manera que dirija la comida a un lado o otro, se ha calculado en el apartado anterior N°2 (CÁLCULO DE ESFUERZOS EN LOS ACIONAMIENTOS). Para este cilindro la fuerza máxima que debe realizar es de 46.66 N. Teniendo en cuenta que se ha regulado la presión del sistema para que todos los cilindros trabajen con una presión máxima de 6 bares, estos han sido los cálculos realizados para la selección del cilindro:

- Diámetro necesario que tiene que tener el émbolo del cilindro:

$$\text{Fuerza} = 46.66 \text{ N}$$

$$\text{Presión} = 6 \text{ bar} = 6 \cdot 10^5 \text{ Pas}$$

$$\text{Presión} = \text{Fuerza}/\text{superficie}$$

$$\text{Superficie} = \text{fuerza}/\text{presión}$$

$$S = \frac{46.66 \text{ N}}{6 \times 10^5 \text{ Pas}} = 7.44 \times 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$S = \frac{\pi \times D^2}{4} ; 7.44 \times 10^{-5} = \frac{\pi \times D^2}{4} ; D = \sqrt{\frac{4 \times 7.44 \times 10^{-5}}{\pi}} = 0.0097 \text{ m} = 9.70 \text{ mm}$$

- Selección de cilindro:

Con el diámetro calculado, nos dirigimos al catálogo de la casa SMC y elegimos el cilindro de diámetro 20 mm que es el inmediatamente superior al diámetro 9.70 mm. Después nos aseguramos de que los cilindros de ese diámetro tienen carreras de hasta 300mm, que es la que necesitamos. Este ha sido el cilindro seleccionado:

Cilindro de doble efecto, con sujeción mediante hembra de charnela, amortiguación elástica, diámetro del émbolo 20 mm, carrera del vástago 300 mm y con dos detectores magnéticos; REF- **CDM2D20-300C73CZ** de la casa SMC.



### 3.2.4.- CILINDRO Nº4 LLAVE DE PASO DEL AGUA.

Este cilindro es el encargado de accionar la llave de paso que controla el flujo del agua que entra en el carro mezclador a la hora de preparar la comida.

Este cilindro está colocado verticalmente sobre un apoyo articulado y a su vez este apoyo está soldado a una placa donde está montada la llave de paso del agua. La fuerza necesaria que debe realizar el cilindro para hacer girar la llave de paso, se ha calculado en el apartado anterior Nº2 (CÁLCULO DE ESFUERZOS EN LOS ACIONAMIENTOS). Para este cilindro la fuerza máxima que debe realizar es de 144.67 N. Teniendo en cuenta que se ha regulado la presión del sistema para que todos los cilindros trabajen con una presión máxima de 6 bares, estos han sido los cálculos realizados para la selección del cilindro:

- Diámetro necesario que tiene que tener el émbolo del cilindro:

$$\text{Fuerza} = 144.67 \text{ N}$$

$$\text{Presión} = 6 \text{ bar} = 6 \cdot 10^5 \text{ Pas}$$

$$\text{Presión} = \text{Fuerza/superficie}$$

$$\text{Superficie} = \text{fuerza/presión}$$

$$S = \frac{144.67 \text{ N}}{6 \times 10^5 \text{ Pas}} = 2.41 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$S = \frac{\pi \times D^2}{4} ; 7.44 \times 10^{-5} = \frac{\pi \times D^2}{4} ; D = \sqrt{\frac{4 \times 2.41 \times 10^{-4}}{\pi}} = 0.017 \text{ m} = 17.52 \text{ mm}$$

- Selección de cilindro:

Con el diámetro calculado, nos dirigimos al catálogo de la casa SMC y elegimos el cilindro de diámetro 20 mm que es el inmediatamente superior al diámetro 17.52 mm. Después nos aseguramos de que los cilindros de ese diámetro tienen carreras de hasta 300mm, que es la que necesitamos. Este ha sido el cilindro seleccionado:

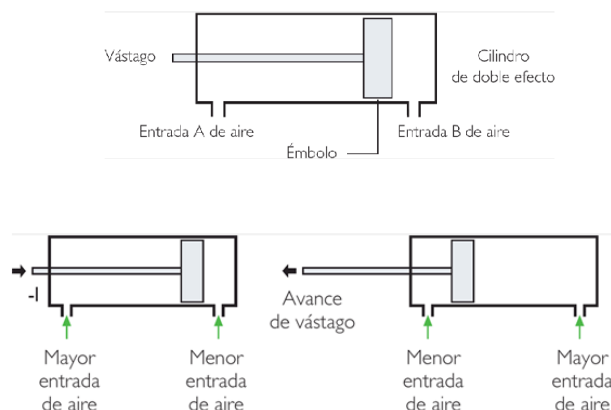
Cilindro de doble efecto, con sujeción mediante hembra de charnela, amortiguación elástica, diámetro del émbolo 20 mm, carrera del vástago 300 mm y con dos detectores magnéticos; REF- **CDM2D20-300C73CZ** de la casa SMC.

### 3.2.5.- RESUMEN DE LOS CILINDROS SELECCIONADOS.

Tanto en el apartado nº2 de cálculo de esfuerzos en los accionamientos, como en este, se ha intentado que los cilindros neumáticos sean iguales para todos los accionamientos. De este modo únicamente trabajaremos con un tipo de cilindro, lo cual de cara al mantenimiento, es mucho menos costos que si tienes diferentes tipos de accionamientos. Por ejemplo: Únicamente necesitas tener un tipo de recambio que vale para cualquier punto del sistema neumático, de lo contrario necesitarías un recambio diferente para cada tipo de accionamiento.

Resumiendo tenemos 3 cilindros en cada acometida y colocaremos una acometida para cada dos comederos. Por lo tanto si tenemos 28 comederos en la nave de las ovejas, necesitaremos colocar 14 acometidas, esto supone que tendremos que instalar 39 cilindros neumáticos y también hay que contar con el cilindro que acciona la llave de paso.

Esto hace un total de 40 cilindros de doble efecto, con sujeción mediante hembra de charnela, amortiguación elástica, diámetro del émbolo 20 mm, carrera del vástago 300 mm y con dos detectores magnéticos; REF- **CDM2D20-300C73CZ** de la casa SMC.





### 3.3.- CÁLCULO DE ELEMENTOS DE MANDO:

#### 3.3.1.- VÁLVULA PARA CILINDRO N°1, N°2, N°3 Y N°4:

Este es el elemento de mando que gobierna el cilindro N°1 encargado de accionar la tajadera superior, el cilindro N°2 encargado de accionar la puerta, el cilindro N°3 encargado de accionar la tajadera inferior y el cilindro N°4 encargado de accionar la llave de paso del agua.

Los cilindros son de doble efecto, las electroválvulas que los gobiernan tienen que ser, electroválvulas 5/2, (5 vías y 2 posiciones). Respecto al accionamiento, hay que decir que son electroválvulas biestables, estas no tienen una única posición de reposo estable; es decir, que aunque se anule la señal eléctrica que provocó la posición en la que se encuentra, la electroválvula seguirá en esa misma posición hasta que se active la señal eléctrica correspondiente a una nueva posición. En el caso de que se activen dos señales, prevalece la más antigua. Estas electroválvulas van a gobernar cada una un cilindro y en cada acometida abra tres electroválvulas colocadas en una placa base.

Todos los cilindros tiene el mismo diámetro de émbolo y la carrera del vástago también es la misma, por lo tanto todas las electroválvulas serán iguales. Para seleccionar el tipo de electroválvula que necesitamos, únicamente será necesario, calcular el caudal nominal y consultar en el catálogo de la casa SMC a qué electroválvula corresponde este caudal nominal ( $Q_n$ ). Este es muy sencillo de calcular, porque únicamente necesitas dos datos ya conocidos, estos son: la velocidad a la que trabaja el cilindro, que siempre será la misma 0,3 m/sg y el área que tiene el émbolo del cilindro utilizado, que también será siempre la misma porque todos los cilindros tiene un émbolo de diámetros 20 mm.



- Cálculo del caudal requerido ( $Q_r$ ):

$$\text{Área (A)} = \frac{\pi \cdot 0,020^2}{4} = 0,000314 \text{ m}^2$$

- Velocidad ( $V$ ) = 0,3 m/sg.

- Presión real ( $P_r$ ). = 7  $P_r = (P_{\text{trabajo}} + P_{\text{atmosférica}}) / P_{\text{atmosférica}}$

$$(6+1)/1 = 7 \text{ (Se estima que es 7)}$$

$$Q_r = A \cdot V \cdot (P_r)$$

$$Q_r = 0,000314 \text{ m}^2 \cdot 0,3 \text{ m/sg} \Rightarrow 0,000094 \text{ m}^3 \text{ (1ml/0,001 m}^3\text{)} \cdot (60 \text{ sg/1min}) = 5,654 \text{ L/min}$$

$$Q_r = 5,654 \text{ L/min} \cdot 7 \text{ bar} = \mathbf{39,58 \text{ NL/min}}$$

- Cálculo de el Caudal Nominal ( $Q_n$ ):

Se aplica la siguiente fórmula que relaciona el coeficiente de válvula ( $k_v$ ) con la pérdida de carga a través del componente:

$$Q_r = 28,3 \cdot k_v \cdot \sqrt{\Delta p (P_1 - \Delta p)}$$

$$Q_r = \text{Caudal real (NL/min)}.$$

$k_v$  = coeficiente de válvula sin unidades.

$$\Delta p = \text{pérdida de presión} = 0,5 \text{ bar}.$$

$$P_1 = \text{presión de trabajo} = 7 \text{ bar}.$$

$$K_v = Q_r / \sqrt{\Delta p (P_1 - \Delta p)} ; 39,58 \text{ NL/min} / 28,3 \sqrt{0,5 (7 - 0,5)} = 0,775 \text{ NL/min}$$

$$Q_n = K_v \cdot 68,65 ; 0,775 \text{ NL/min} \cdot 68,65 = \mathbf{53,25 \text{ NL/min}}$$

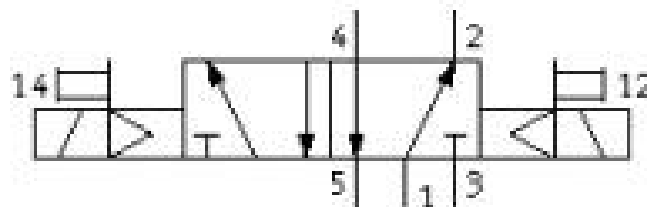
Con los datos del caudal nominal ya calculados podemos dirigirnos al catálogo de la casa SMC y elegir en función de este la electroválvula que se va a usar.

Una vez se ha calculado el caudal mínimo necesario, que es de 53,25 NL/min, nos dirigimos al catálogo de la casa SMC y elegimos la electroválvula de caudal nominal máxima 285 NL/min que es la inmediatamente superior a la de caudal necesario 53,25 NL/min. Como todas las electroválvulas son iguales se podrá utilizar el mismo modelo de placa base para agruparlas como sea necesario (en grupos de tres).

### 3.4.1.- RESUMEN DE LA ELECTROVÁLVULA SELECCIONADA.

Esta ha sido la electroválvula seleccionada: Electroválvula cinco vías dos posiciones, biestable, caudal nominal máximo 285NL/min, pilotaje interno, con válvula antiretorno para prevención de contrapresiones incorporado, tensión nominal 24V, con leed indicador y supresor de picos de presión, accionamiento manual con pulsador sin enclavamiento. Ref: **SV1200K-5FU** de la casa SMC.

La placa base donde irán montadas en grupos de tres, serán bloques de montaje de estaciones tipo cassette y multiconductor tipo sub-D, conexión instantánea para conectar los tubos que van a los cilindros de diámetro exterior 4mm y conexión instantánea para conectar los tubos que llegan de la válvula de arranque progresivo de diámetro exterior 10 mm. Ref: **SS5V1-16FD1-3BS-C4 -3** de la casa SMC.





### 3.4.- TRATAMIENTO DE AIRE:

Después de haber obtenido el caudal nominal y habiendo elegido sus respectivas electro-válvulas, se lleva a cabo el cálculo que consiste en determinar cuál será la unidad de mantenimiento necesaria para alimentar la máquina.

#### 3.4.1.- UNIDAD FRL MODULAR.

Estas unidades de mantenimiento, contienen varias zonas para el tratamiento del aire; como son la del filtro de aire, regulador y lubricador.

El cálculo del valor de caudal necesario a utilizar en el grupo FRL se realiza igual que en el caso de los distribuidores. Se debe considerar a la hora de estudiar el caudal real que atraviesa el grupo FRL, la secuencia del sistema automático de alimentación y la posibilidad de que algunos actuadores trabajen simultáneamente entre ellos. En ese caso, el caudal real será la suma de caudales de los cilindros que trabajen simultáneamente.

En este sistema automático de alimentación hay que tener en cuenta, que a la hora de calcular el caudal nominal real total, para poder seleccionar la unidad FRL modular, debido a la secuencia del sistema automático de alimentación, en ningún momento vamos a tener los 40 cilindros funcionando a la vez. Estrictamente, como máximo no habrá más de 4 cilindros trabajando simultáneamente (3 cilindros de una acometida y la llave de paso), pero vamos a aplicar un factor de mayoración. De ese modo calcularemos el caudal nominal real total, considerando que 7 cilindros pueden estar como máximo trabajando simultáneamente. (2 acometidas con sus correspondientes 6 cilindros y 1 cilindro de la llave de paso)

- Qn cilindro N°1 tajadera superior:  $53,25 \text{ NI/min} \times 2 = 106.5 \text{ NI/min}$
- Qn cilindro N°2 puerta acometida:  $53,25 \text{ NI/min} \times 2 = 106.5 \text{ NI/min}$
- Qn cilindro N°3 tajadera inferior:  $53,25 \text{ NI/min} \times 2 = 106.5 \text{ NI/min}$
- Qn cilindro N°4 llave de paso para el agua:  $53,25 \text{ NI/min}$
- Caudal nominal real total = **372.75 NI/min**

Una vez obtenido el caudal nominal real total requerido por sistema  $Q_n$  real total = 372.75 NI/min, vamos al catalogo de SMC para seleccionar la unidad de mantenimiento correspondiente en función del caudal nominal máximo que soportan. En el catálogo el caudal nominal inmediatamente superior es el de 1000 NI/min. Pero esta unidad de mantenimiento de 1000 NI/min, no a sido seleccionada por motivos que se explicarán en el apartado siguiente N° 3.5 (comprobación del compresor).

La seleccionada es la AC25, que es una unidad FRL (Filtro Regulador y Lubricador) modular, que permite caudales de hasta 1500NI/min y el que tenemos es inferior a este, por lo que es válido. Su tamaño de cuerpo es de 25, modelo de rosca es Rc, el tamaño de conexión es de 1/4, con purga automática tipo flotador NC, manómetro cuadrado integrado con indicador de limite y con una presión de regulación de 0,05 a 0,85 MPas. Ref: **AC25-02-CE-KSTV-2** de la casa SMC



### 3.4.2.- VÁLVULA DE ARANQUE PROGRESIVO:

Tiene como misión, poner bajo presión el circuito neumático de una manera progresiva. De esta forma, el aire penetrará en las válvulas y en los cilindros paulatinamente evitando accidentes a causa de movimientos muy rápidos e incontrolados. Para seleccionar la válvula de arranque progresivo es necesario tener en cuenta la unidad FRL ya que tiene que ir acoplada a ella. Según el catalogo de SMC a la unidad FRL, AC25 se les puede acoplar las válvulas progresivas AV200. Así que la referencia de la válvula al completo es: Ref: **EAV2000-02-G-5-DZ-Q** de la casa SMC.

Con una bobina que trabaja a una tensión de 24v DC, conexión eléctrica de conector DIN (D), accionamiento manual de pulsador sin enclavamiento (tipo rasante) y con LED indicador/supresor de picos de tensión. Ref: **SF4-5DZ-80-Q** de la casa SMC.





### 3.5.- COMPROBACIÓN DEL COMPRESOR:

En este apartado no vamos a hacer ningún cálculo únicamente comprobaremos si el compresor que actualmente está instalado en la explotación, cumple con las necesidades del sistema neumático o por lo contrario hay que instalar un nuevo compresor.

Para realizar esta comprobación necesitamos conocer las características técnicas del compresor y las condiciones mínimas de caudal y presión que necesita el sistema para funcionar correctamente. Estas son las siguientes:

- Características técnicas del compresor:
  6. Potencia: 10 CV o 7.33 Kw
  7. Presión máxima: 15 Bar
  8. Caudal efectivo: 1400 litros N/min
  9. Capacidad: 500 litros
  10. Mecánica: Compresor de pistón
- Condiciones del sistema
  11. Caudal efectivo mínimo: 372.75 litros N / min.
  12. Presión máxima de trabajo: 6 Bar

Como podemos observar el compresor que está instalado actualmente cumple de sobra las condiciones del sistema neumático, ya que puede proporcionar 372.75l N/min. Y puede proporcionar 6 Bar de presión. Así que no es necesario remplazar el compresor.

Para finalizar se explica el motivo por el cual en el apartado N° 3.4.1 (Unidad FRL modular) se ha seleccionado una unidad AC25 que permite trabajar con un caudal de 1500 lN/min, cuando con la unidad AC20 (1000 lN/min) era suficiente.

Esto ha sido debido a que el compresor que se encuentra instalado en la explotación, es capaz de suministrar un caudal efectivo de 1400 litros N/min. Por lo tanto, se ha seleccionado la unidad AC25 (1500 lN/min) para poder utilizar todo el caudal que el compresor es capaz de suministrar y así no desperdiciar prestaciones que ya posee el sistema.



### 3.6.- ACCESORIOS:

#### 3.6.1.- SELECCIÓN DE TUBO:

La tubería a utilizar en las conducciones del distribuidor y en la alimentación, debe permitir el paso del caudal requerido a utilizar en el actuador. Además, debe tener unas dimensiones que se ajusten a las comerciales.

Hay que tener en cuenta, que la velocidad del aire comprimido es de 40 m/s.

Esta es la ecuación que tendremos que utilizar para hallar el diámetro de tubo necesario para que el cilindro trabaje correctamente.

$$Q_r = v \cdot S \cdot R$$

$Q_r$  = Caudal requerido (NL/min)

$V$  = velocidad del aire en el interior del tubo(a régimen laminar) = 40 m/s.

$D$  = Diámetro del tubo (mm). = “Incógnita”

$R$  = relación entre presiones (a dimensional) =  $P_{atm} + P_{trab} / P_{atm}$  ( $R=1+6/1=7$ )

Cuando se hace referencia a un tubo de diámetro “X”, se refiere al diámetro exterior. Pero a la hora de calcular el tamaño del tubo, con los datos de: caudal nominal, velocidad y relación entre presión, el dato que obtenemos es el de el diámetro interior y después tendremos que seleccionar, consultando el catalogo de la casa SMC, el diámetro normalizado inmediatamente superior.

- Diámetro de tubo para cilindros: N°1, N°2, N°3 Y N°4: (Todos mismo caudal):

$$Q_r = v \cdot S \cdot R$$

$$Q_r = 38,58 \text{ NL/min } V = 40 \text{ m/s.}$$

$$R = R=1+6/1=7$$

$$\text{Diametro} = \sqrt{\frac{38.58 \times 4}{400 \times 60 \times \pi \times 7}} = 0.017 \text{ m ; } \mathbf{1.70 \text{ mm}}$$

Una vez sabemos el diámetro interior (1.70 mm), consultamos el catalogo de la casa SMC y seleccionamos el tubo inmediatamente superior, que en este caso es el tubo de 2,5mm (diámetro interior) y 4mm (diámetro exterior).

- Diámetro de tubo para placas base: (Todos mismo caudal):

$$Q_r = v \cdot S \cdot R$$

$$Q_r = 372.75 \text{ litros N / min.}$$

$$V = 40 \text{ m/s.}$$

$$R = R = 1 + 6/1 = 7$$

$$\text{Diametro} = \sqrt{\frac{372.75 \times 4}{400 \times 60 \times \pi \times 7}} = 0.053 \text{ m ; } \mathbf{5.31 \text{ mm}}$$

Una vez sabemos el diámetro interior (5.31 mm), consultamos el catalogo de la casa SMC y seleccionamos el tubo inmediatamente superior, que en este caso es el tubo de 6.50 mm (diámetro interior) y 10.00 mm (diámetro exterior).

En este caso tenemos dos diámetros de tubos diferentes, pero no se van a agrupar, porque desde el grupo FRL hasta las placas base o bloques tipo cassette, es necesario tener un caudal mínimo de 372.75 IN/min y desde cada electroválvula distribuidora hasta el cilindro correspondiente, es suficiente con que llegue como mínimo 38.58 IN/min.

Este es el tubo que se ha elegido para canalizar el aire desde las placas base hasta los cilindros: tubo de poliuretano, 2.5 mm (diámetro interior) y 4 mm (diámetro exterior), color transparente y 100 m de longitud. Ref.: **TUO425-C-100** de la casa SMC. Se van a necesitar 182 m de tubo (como máximo) por lo tanto se hará un pedido de dos rollos.

Este es el tubo que se ha elegido para canalizar el aire desde el grupo FRL hasta las placas base: tubo de poliuretano, 6.5 mm (diámetro interior) y 10 mm (diámetro exterior), color transparente y 100 m de longitud. Ref.: **TUO1065-C-100** de la casa SMC. Se van a necesitar 90 m de tubo (como máximo) por lo tanto se hará un pedido de un rollo.





### 3.6.2.- REGULADORA DE CAUDAL:

Debido a que las electros válvulas-distribuidoras son de caudal superior al necesario para que el cilindro salga a la velocidad adecuada (0,3m/sg) es indispensable colocar una o varias reguladoras en cada cilindro.

Para la elección de los reguladores de caudal, hay que tener en cuenta que el caudal sea mayor que el necesario, ya que será casualidad que coincida el coeficiente de caudal necesario y el real de la distribuidora. Se debe adoptar un regulador que nos permita ajustar los valores de caudal precisos. Para ello, existen unas tablas que relacionan el número de vueltas del tornillo regulador, y el caudal que deja pasar. Hay que tener en cuenta también la métrica de la conexión al cilindro y el diámetro exterior del tubo. En el catalogo de SMC se disponen unos reguladores de caudal con conexión instantánea en codo que podrían ser adecuados para este proyecto

Para que todos los elementos funcionen de manera correcta, tendremos que colocar a cada actuador dos reguladores de caudal, uno regulando la entrada y otro la salida. Estas se seleccionan en función del tipo de rosca de conexión que dispongan los cilindros. Todas las reguladoras dispondrán de la misma referencia respecto al tubo, ya que todo el tubo utilizado para los cilindros, es del mismo diámetro y lo mismo sucede con la referencia del caudal ya que ningún actuador supera el caudal máximo de 236NL/min que soportan las reguladoras. En total tendremos que encargar 80 reguladoras de caudal, una para la salida del vástago de los 40 cilindros y otra para la entrada del vástago de los 40 cilindros. Se ha decidido colocar reguladores en estos puntos porque nos interesa regular la velocidad de los cilindros N°1, N°2, N°3 y N°4 en todos sus movimientos. Se va a utilizar los siguientes reguladores:

40 Reguladoras de caudal de sistema de entrada, con conexión instantánea, modelo en codo, caudal nominal máximo de 285 NL/min, tipo de rosca para conexión con el cilindro R (PT)1/8, sistema de regulación de salida, diámetro exterior del tubo aplicable 4mm y tamaño de cuerpo 1/8 estándar. Ref.: **AS2211F-01-04** de la casa SMC.

40 Reguladora de caudal de sistema de salida, con conexión instantánea, modelo en codo, caudal nominal máximo de 285 NL/min, tipo de rosca para conexión con el cilindro R (PT)1/8, sistema de regulación de salida, diámetro exterior del tubo aplicable 4mm y tamaño de cuerpo 1/8 estándar. Ref.: **AS2201F-01-04** de la casa SMC.

### 3.6.3.- RACORES:

Los racores, realizan la unión entre las tuberías y los distribuidores, grupo FRL o válvula de arranque progresivo. Para la elección de racores se debe conocer el tipo de rosca (tiene que coincidir con los alojamientos del grupo FRL o distribuidoras de caudal), así como la forma y posición a situar dicho racor, y el diámetro exterior de tubo a utilizar ya calculado.

Para este proyecto se han utilizado 4 racores para la conexión de entrada y salida del aire en el FRL y válvula de arranque progresivo.

También hay que indicar que las electroválvulas están conectadas todas por medio de la placa base y constan de una conexión instantánea para el tubo de diámetro exterior 10 mm procedente de la salida de la válvula de arranque progresivo. Y conexiones instantáneas para el tubo de diámetro exterior 4 mm que se dirige a los cilindros.

FRL y válvula de arranque progresivo: Necesitamos 4 racores, estos son los siguientes: Racor de uso general estándar, macho recto, con tuerca hexagonal para apretar con la llave del 14, conexión con rosca R (PT)1/4 y diámetro exterior del tubo aplicable 10mm. Ref.: **KQ2H10-02S** de la casa SMC.





### 3.7.- TABLA RESUMEN DE LOS COMPONENTES NEUMATICOS:

Elemento neumático	Características	Referencia	Cantidad
Cilindro N°1 Tajadera superior	Ø 20 mm; 300mm	CDM2D20-300C73CZ	13
Cilindro N°2 puerta acometida	Ø 20 mm; 300mm	CDM2D20-300C73CZ	13
Cilindro N°3 Tajadera inferior	Ø 20 mm; 300mm	CDM2D20-300C73CZ	13
Cilindro N°4 llave de paso	Ø 20 mm; 300mm	CDM2D20-300C73CZ	1
Electroválvula distribuidora	5/2 biestable	SV1200K-5FU	40
Placa base (montaje estaciones)	Tipo cassette	SS5V1-16FD1-3BS-C4 -3	13
Grupo FRL modular	Qmax 1500NI/min	AC25-02-CE-KSTV-2	1
Válvula arranque progresivo	Qmax 1500NI/min	EAV2000-02-G-5-DZ-Q	1
Bobina para válvula A.P.	Alimentación 24v	SF4-5DZ-80-Q	1
Tubo distribución	Ø <sub>int</sub> :2.5 ; Ø <sub>ext</sub> :4	TUO425-C-100	2
Tubo alimentación	Ø <sub>int</sub> :6.5 ; Ø <sub>ext</sub> :10	TUO1065-C-100	1
Reguladora de caudal de entrada	R: 1/8 y Ø <sub>ext</sub> :4mm	AS2211F-01-04	40
Reguladora de caudal de salida	R: 1/8 y Ø <sub>ext</sub> :4mm	AS2201F-01-04	40
Racores para alimentación	R: 1/4 y Ø <sub>ext</sub> :10mm	KQ2H10-02S	4

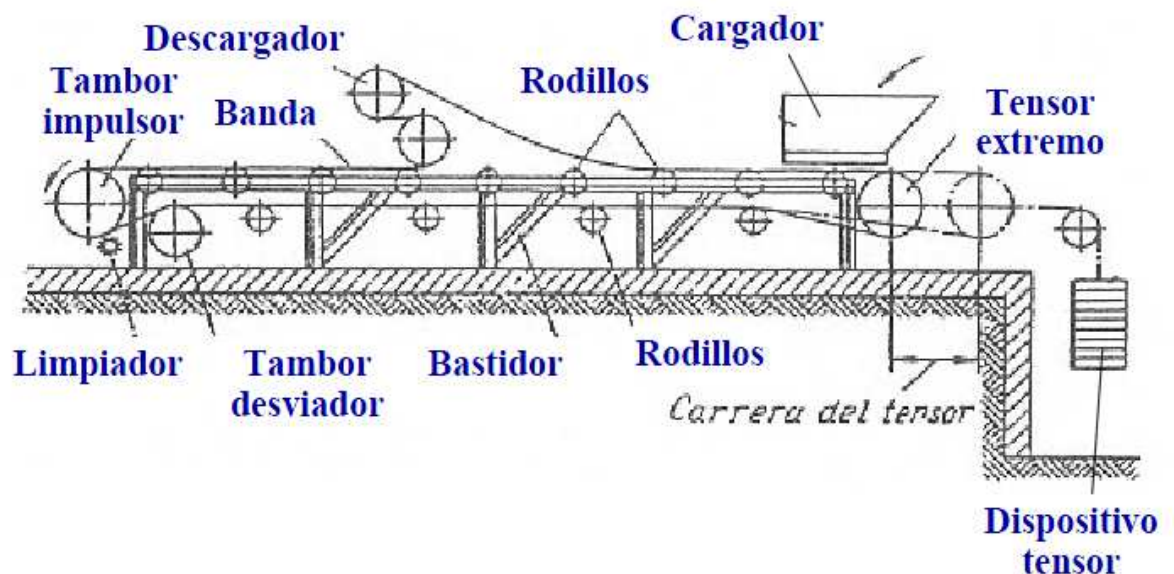
## 4.- CÁLCULO DE LA BANDA TRANSPORTADORA:

### 4.1.- INTRODUCCIÓN:

Una banda transportadora es una estructura de goma o tejido en forma de correa cerrada en anillo, con una unión vulcanizada o con empalme metálico, utilizada para el transporte de material. En este proyecto se van a instalar dos, y previamente debemos dimensionar los elementos que forman la banda transportadora, en función de las necesidades del sistema, para poder seleccionar una banda que funcione correctamente.

### 4.2.- ELEMENTOS DE UNA BANDA TRANSPORTADORA:

Estos son los elementos que generalmente suelen tener las bandas transportadoras industriales:



En este proyecto el sistema de distribución de comida (excluyendo la sección que expulsa comida del sistema) está formado por dos tramos de bandas transportadoras. El primer tramo es el tramo inclinado, que transporta la comida desde la salida del carro mezclador hasta la nave vieja de las ovejas. Y el segundo tramo es el tramo horizontal, que transporta la comida a lo largo de la nave vieja de las ovejas.

#### 4.2.1.- BANDA TRANSPORTADORA INCLINADA:

Esta banda transportadora utilizada en el tramo inclinado (coloreada en color rojo en la imagen inferior), no será tan compleja, ya que alguno de los elementos que se ven en la imagen superior no están instalados en la banda transportadora de este sistema.

Esta es una lista en la que aparecen todos los elementos que forman la banda transportadora que se va a utilizar para distribuir la comida desde la boca de salida del carro mezclador, hasta la nave de las ovejas donde esta cinta inclinada introducirá la comida en la banda transportadora horizontal:

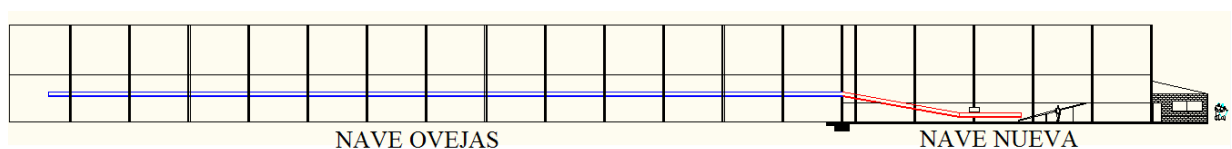
- Banda.
- Tambor impulsor y tambor extremo (o tambor tensor).
- Tabla de apoyo y de retorno, elemento que sustituye a los rodillos de apoyo y rodillos de retorno. Simplemente es una superficie por la que se desliza la banda.
- Bastidor.
- Cargador.

#### 4.2.2.- BANDA TRANSPORTADORA HORIZONTAL:

Esta banda transportadora utilizada en el tramo horizontal (coloreada en color azul en la imagen inferior), contiene la gran mayoría de los elementos que se ven en la imagen superior. Es una banda transportadora de rodillos plana y es la encargada de recoger la comida que transporta la cinta o banda transportadora inclinada y distribuir la comida longitudinalmente a lo largo de toda la nave de las ovejas.

Estos son todos los elementos que posee:

- Banda.
- Tambor impulsor y tambor extremo (o tambor tensor).
- Rodillos de apoyo y rodillos de retorno
- Bastidor.





### 4.3.- ELECCION DE LA BANDA O CINTA:

Vamos a seleccionar y a definir el tipo de banda de tejido o textil lisa que necesitaremos emplear en las dos bandas transportadoras que instalaremos en el sistema automático de alimentación.

Las bandas de tejido o textiles lisas se definen mediante una serie de características técnicas que a continuación se explicarán, y se seleccionarán aquellas que garanticen el correcto funcionamiento de la instalación.

#### 4.3.1.- ANCHO DE LA BANDA:

Para que funcionase perfectamente, mínimo necesitábamos 460 mm, así que la banda de medidas comerciales inmediatamente superior que usaremos será de **ancho = 500 mm**

#### 4.3.2.- CALIDAD DE LOS RECUBIRMIENTOS: (Norma UNE 18 052)

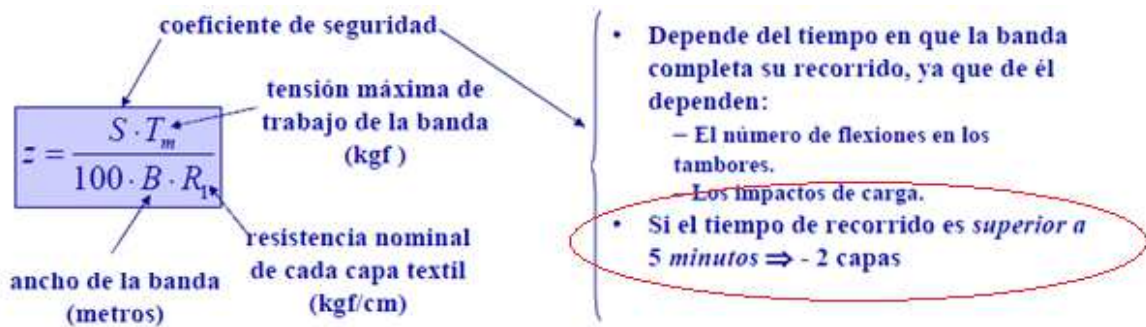
En la primera tabla, en color rojo podemos observar alguna de las materias primas de las que está compuesta la comida de las ovejas. Podemos observar que el grado de abrasión de estas materias primas de grado C, es el más bajo de entre los tres (A, B y C) tal y como se refleja en la segunda tabla.

Por lo tanto la **calidad del recubrimiento = C**

TABLA I.- CARACTERÍSTICAS DE ALGUNOS MATERIALES PARA SU TRANSPORTE					
Material	Estado	Dens.	Ángulo talud	Incl. máx.	Grado abras.
Ácido fosfórico	granulado	1,00	25	13	B
Alúmina	granulado	0,75	30	12	C
Arcilla seca	granulado	1,75	35	21	C
Arcilla seca	trozos	1,10	35	19	B
Arena de fundición	granulado	1,35	45	24	A
Asfalto	triturado	0,70	45	-	C
Avena		0,40	20	10	C
Azúcar	granulado	0,65	30	17	B
Jabón	polvo	0,30	30	18	C
Maíz	grano	0,70	21	10	C
Maíz	harina	0,60	35	22	C
Mica	molida	0,20	34	23	B
Tierra seca		1,20	35	20	B
Trigo		0,75	28	12	C
Virutas de hierro fundido		2,70	35	-	B

Calidad de recubrimiento	Resistencia a tracción mínima (g/mm <sup>2</sup> )	Alargamiento a la rotura mínimo (%)
A	2500	550
B	2000	500
C	1050	350

#### 4.3.3.- NÚMERO DE CAPAS:



Coeficientes de Seguridad para Bandas de Carcasa textil (norma DIN 22101)			
Número de Capas (z)	de 3 a 5	de 6 a 9	más de 9
Coeficiente Seguridad (S)	11	12	13

$$V = 0,56 \text{ m/s} = 33.60 \text{ m/min}$$

$$\text{Tiempo de recorrido} = v / \text{recorrido} = 170.7 / 33.60 = 5.08 \text{ min}$$

Según el texto redondeado en color rojo en la parte de arriba, como el tiempo de recorrió es superior a 5 min;  $Z = 2$

#### 4.3.4.- CALIDAD DEL TEJIDO: (Norma UNE 18 052)

Calidad del tejido	Urdimbre		Trama Resistencia a tracción mínima (kgf/cm)
	Resistencia a tracción mínima (kgf/cm)	Alargamiento a la rotura (%)	
L	60	20	25
LS	70	20	30
P	75	20	35

Seleccionaremos la calidad L, ya que las cargas que trasportará la cinta no van a ser muy pesadas, por lo tanto, se selecciona la calidad más baja. **Calidad del tejido = L**

#### 4.3.5.- ESPESOR DEL RECUBRIMIENTO SUPERIOR:

Para bandas textiles estándar los espesores de recubrimiento normales de fabricación para bandas de dos lonas son de **espesor = 3mm**

#### 4.3.6.- ESPESOR DEL RECUBRIMIENTO INFERIOR:

En cuanto al recubrimiento inferior se recomienda que no sea inferior al diámetro del cable que forma la urdimbre. Generalmente se selecciona en función del recubrimiento superior.

SUPERIOR	INFERIOR
2÷3	1,5
4	2
6	1,5÷3
8÷10	2÷3

Como el recubrimiento superior es de 3 mm, el inferior será de **espesor = 1.5 mm**

#### 4.3.7.- CÁLCULO DEL DESARROLLO O LOGITUD DE LA BANDA:

En este apartado debemos medir la distancia longitudinal de cinta que tenemos alargo de toda la nave. Esta distancia es de 85.35 m de longitud de tramo recto en la nave de las ovejas, más 13.50 m de longitud de tramo inclinado (10°) en la nave nueva y 6.5 m de longitud de tramo recto en la nave nueva. Esto hace un total de 20 m (13.50 m+ 6.5 m) de longitud en la banda transportadora inclinada.

Una vez tenemos las distancias de las cintas, debemos calcular el desarrollo de la banda. Esto es la longitud de banda necesaria para instalar 85.35 m de cinta transportadora (banda horizontal) y 20 m de cinta transportadora (banda inclinada). El cálculo es sencillo:  
 Desarrollo = 85.35 x 2 => **Desarrollo (banda transportadora horizontal) = 170.7 m**  
 Desarrollo = 20 x 2 => **Desarrollo (banda transportadora inclinada) = 40 m**

Por último, como una de las cintas que queremos instalar tiene un tramo inclinado, hay que comprobar si la banda lisa que queremos instalar tiene algún inconveniente al trabajar con un ángulo de inclinación de 10°. Si consultamos las características generales de las bandas, podemos observar que las bandas de textil lisas no presentan inconvenientes de transporte hasta no superar los 18°-20° de inclinación, por lo tanto en nuestra instalación no habrá problema alguno con las bandas lisas por el tema de la inclinación.

#### 4.3.8.- ELECCIÓN DEL TIPO DE LONA:

Para realizar la elección de la lona más adecuada se ha recurrido a la consulta de experiencias de trabajo en otras instalaciones de similares características y que empleaban cintas transportadoras para desplazar comida de ovino de este tipo (paja + maíz + avena...). La recomendación recibida ha sido la de emplear lona tipo EP-500. Estas son sus características técnicas:



SERIE EP 500

PLYLON EP

PRODUCTOS DE INGENIERIA

INFORMACIONES TECNICAS SOBRE LAS CORREAS TRANSPORTADORAS POLIESTER / NYLON

Tipo PLYLON®		EP 1000/2	EP 1500/3	EP2000/4	EP 2500/5	EP 3000/6
Número de telas		2	3	4	5	6
Empalmes mecánicos	Kn/m de ancho	70,0	-	-	-	-
	lbf/pul de ancho	400,0	-	-	-	-
Empalmes vulcanizados	Kn/m de ancho	100,0	150,0	200,0	250,0	300,0
	lbf/pul de ancho	571,0	840,0	1142,0	1400,0	1713,0
Peso aproximado de la carcasa	Kg/m <sup>2</sup>	8,6	10,5	12,0	15,3	18,5
	Lb/ft <sup>2</sup>	1,7	2,1	2,4	3,1	3,8
Peso de Cubierta 1/32 pul						
Espesor B o stacker	Kg/m <sup>2</sup>	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Espesor de la carcasa	mm	6,5	7,6	9,3	11,8	14,2
	pul	0,2	0,3	0,3	0,4	0,6
Indice de impacto	Lb -pul	10900	12300	13000	13800	14500

#### 4.3.9.- RESUMEN DE LA BANDA DE TEJIDO SELECCIONADA:

En definitiva, tenemos una banda de tejido que se denomina de la siguiente manera:

**500-C-2L-3-1.5-Des 170 UNE 180 25**

**500-C-2L-3-1.5-Des 40 UNE 180 25**

500: Ancho de la banda de tejido, en mm.

C: Calidad de los recubrimientos, C = grado de abrasión bajo.

2: Número de lonas de las que está compuesta la banda.

L: Calidad del tejido: L = La calidad más baja.

3: Recubrimiento superior de la banda, en mm.

1.5: Recubrimiento inferior de la banda, en mm.

Des 170, Des 40: longitud total de la banda de tejido, en m.

#### 4.4.- ELECCIÓN DE LA BANDA TRANSPORTADORA INCLINADA:

En este apartado se dimensionarán los elementos de la banda transportadora inclinada. De este modo podremos seleccionar una banda transportadora comercial que funcione correctamente bajo las condiciones que el sistema de distribución exige.

##### 4.4.1- CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE LOS TAMBORES:

Podemos calcular el diámetro mínimo del tambor motriz de la siguiente forma:

$$D_{\min} = \frac{360 \cdot F}{p \cdot \pi \cdot \phi \cdot B}$$

F.- Fuerza de accionamiento en tambor motriz, en kilos

p.- Capacidad de transmisión tambor/banda (1.600/2.000 Kg/m<sup>2</sup>)

$\alpha$ .- Angulo abrazado al tambor motriz, en grado

B.- Ancho de la banda, en metros

Pero también podemos seleccionar el diámetro mínimo del tambor motriz en función del tipo y número de lona, ya que tenemos resumir los diámetros mínimos de tambores aconsejados para las bandas textiles, en la siguiente tabla:

DIÁMETRO MÍNIMO DEL TAMBOR MOTRIZ (MM.)						
Tipo de Lona	Número de lonas					
	2	3	4	5	6	7
EP-100	320	400	500	630	800	1.000
EP-125	320	400	500	630	800	1.000
EP-160	400	500	630	800	800	1.000
EP-200	400	630	800	1.000	1.250	1.400
EP-250	400	630	800	1.000	1.250	1.400
EP-315	500	800	1.000	1.250	1.400	1.600
EP-400	630	1.000	1.250	1.400	1.600	-
EP-500	800	1.000	1.400	1.600	-	-
EP-630	1.000	1.400	1.600	-	-	-

De modo que ya que tenemos seleccionado el tipo de lona con el que se confeccionará la banda (EP-500) y el tenemos calculado el número de lonas que dispondrá la banda ( $z = 2$ ). Únicamente tenemos que consultar en la tabla el diámetro mínimo que corresponde a esos datos: **Diámetro mínimo de tambor motriz = 800 mm**

Mediante el valor del diámetro del tambor motriz, podemos calcular el valor del diámetro del tambor tensor, ya que este es el 80% del diámetro del tambor motriz.

Diámetro T tensor =  $0.8 \times 800 \text{ m} \Rightarrow$  **Diámetro tambor tensor 640 mm**

#### 4.4.2.- CÁLCULO DE LA MASA DE LAS PARTES MÓVILES / METROS:

Necesitamos conocer el peso de los elementos móviles por metro de la banda transportadora para después calcular su peso total por metros, con objeto de conocer la carga mínima que tendrá que ser capaz de desplazar la banda transportadora inclinada. Esta es la expresión que usaremos para calcular el peso por metro de las partes móviles:

$$P = 2 \cdot B + \frac{W_1}{l_1} + \frac{W_2}{l_2}$$

B.- Peso de la banda por metros, en Kg/m.

$W_1, W_2$ .- Masa rodillo de apoyo y rodillo de retorno, en Kg.

$L_1, L_2$ .- Separación entre rodillos (entre rodillos de apoyo y rodillos de retorno), m.

##### 4.4.2.1.- CÁLCULO DE LA MASA DE LA BANDA POR METRO:

Mediante la siguiente expresión podemos calcular la masa de la banda por metro.

$$P = B \cdot (1,15 \cdot e + P_l \cdot Z)$$

P- La masa de la banda en Kg/m. => incógnita

B- El ancho de la banda en metros. => 0.50 m

Pl.- Masa por m<sup>2</sup> de cada capa textil, en Kg/m<sup>2</sup> (tabla). => Tipo; EP-500; Pl. = 3.21 Kg/m<sup>2</sup>

e- Espesor total de los recubrimientos, en mm => Espeso total = (3 + 1.5) => e = 4.5 mm.

Z- Número de capas de textiles. => Z = 2

$$P = 0.50 \times [(1.15 \times 4.5) + (3.21 \times 2)] \Rightarrow P = 6.585 \text{ Kg/m};$$

$$\text{Peso total} = 6.58 \text{ Kg/m} \times 40 \text{ m} \Rightarrow P \text{ total} = 263.4 \text{ Kg}$$

VALORES DE PL (KG/ M <sup>2</sup> , CAPA)	
Tipo de Lona	Pl (Kg/m <sup>2</sup> )
EP-100	1,12
EP-125	1,40
EP-160	1,41
EP-200	1,56
EP-250	1,89
EP-315	2,31
EP-400	2,65
EP-500	3,21
EP-630	4,06



#### 4.4.2.2.- CÁLCULO MASA DE LOS RODILLOS DE APOYO Y RETROCESO:

Los rodillos apoyo ( $W_1$ ) y los rodillos de retorno ( $W_2$ ).

Como ya se ha explicado anteriormente, los rodillos de apoyo han sido sustituidos por una tabla plana longitudinal, sobre la que se apoya y desliza la banda y los rodillos de retorno, son sustituidos por una pequeña estructura que sustenta la banda por la parte de abajo cada 1,20 m.

Por lo tanto, la separación entre los rodillos de apoyo ( $L_1$ ) y la separación entre los rodillos de retorno ( $L_2$ ), no tiene sentido calcularla ya que no existen rodillos que separar.

#### 4.4.2.3.-RESUMEN MASA ELEMENTOS MÓVILES POR METRO:

Para terminar con este apartado N°4.5 (Cálculo del peso de los elementos móviles) se aplicará la ecuación vista al principio del apartado e introduciendo en ella los datos que se han calculado, hallaremos el valor de la masa por unidad de metro de la banda que se instalará.

$$P = 2 \cdot B + \frac{W_1}{l_1} + \frac{W_2}{l_2}$$

P.- Masa de las partes móviles por unidad de metro, Kg/m.

B.- Peso de la banda por metros, en Kg/m.  $\Rightarrow B = P = 6.585 \text{ Kg/m}$

$W_1$ .- Masa del rodillo de apoyo (inexistente), en Kg.  $\Rightarrow W_1 = 0 \text{ Kg}$

$W_2$ .- Masa del rodillo de retorno (inexistente), en Kg.  $\Rightarrow W_2 = 0 \text{ Kg}$

$L_1$ .- Separación entre los rodillos de apoyo (inexistente), en m.  $\Rightarrow L_1 = 0 \text{ m}$

$L_2$ .- Separación entre los rodillos de retorno (inexistente), en m.  $\Rightarrow L_2 = 0 \text{ m}$

$$P = (2 \times 6.58) + \left(\frac{0}{0}\right) + \left(\frac{0}{0}\right) \Rightarrow P = 13.16 \text{ Kg/m}$$





#### 4.4.3.- CÁLCULO DE LA MASA DE LA CARGA POR METRO:

En este apartado calcularemos la cantidad de comida en kilogramos que habrá en cada metro de banda. Para calcular este valor utilizaremos la siguiente ecuación:

$$q_G = \frac{Q}{3.6 \times v} = 0.278 \times \frac{Q}{v} \text{ (Kg/m)}$$

Siendo:

$q_G$ .- Masa de la carga por unidad de longitud, en Kg/m. (Incógnita)

$v$ .- Velocidad de la banda, en m/s.  $\Rightarrow v = 0.56 \text{ m/s}$

Longitud del comedero = 28 m

Tiempo de recorrido de extremo a extremo 50 s

Velocidad de la cinta del comedero = 28 m/50s  $\Rightarrow v = 0.56 \text{ m/s}$

$Q$ .- Capacidad de la banda, en T/h.  $\Rightarrow Q = 3.58 \text{ T/h}$

Tiempo de recorrido de extremo a extremo 50 s

Masa de comida diaria por comedero = 53.57 Kg

$Q = 53.57 \text{ Kg} / 50 \text{ s} \Rightarrow Q = 1.07 \text{ Kg/s} / 1000 \times 3600 \Rightarrow Q = 3.58 \text{ T/h}$

$$q_G = \frac{Q}{3.6 \times v} = 0.278 \times \frac{Q}{v} \text{ (Kg/m)}$$

$$q_G = \frac{3.58}{3.6 \times 0.56} = 0.278 \times \frac{3.58}{0.56} = 1.77 \text{ (Kg/m)}$$

En conclusión la **masa de la comida por metro es = 1.77 Kg/m**

#### 4.4.4.- RESUMEN DE LA BANDA TRANS. INCLINADA SELECCIONADA:

Una vez tenemos calculados todos los parámetros necesarios para la selección de una banda transportadora, tales como:

- Longitud de la banda  $\Rightarrow 20.000 \text{ mm}$
- Ancho de la banda  $\Rightarrow 500 \text{ mm}$
- Diámetro del tambor motriz  $\Rightarrow 800 \text{ mm}$
- Diámetro del tambor motriz  $\Rightarrow 640 \text{ mm}$
- Velocidad  $\Rightarrow 33.6 \text{ m/min}$
- Carga máxima  $\Rightarrow 53.57 \text{ kg (masa comida)} + 263.4 \text{ Kg (masa banda)} = 316.97 \text{ Kg}$



Este último apartado correspondiente a la carga máxima que tendrá que desplazar el motor de la banda transportadora, ha sido mayorado, ya que la masa de la banda de 263.4 Kg no suele tenerse en cuenta, pero al sumarlo a la masa de la comida máxima diaria (53.57 Kg), nos aseguramos de que si la banda transportadora comercial seleccionada tiene una capacidad de carga máxima superior a 316.97, todo funcionará perfectamente. Esta mayoración permitiría que un operario de (por ejemplo de 90 Kg), pudiese subirse encima de la banda, en caso de que se produjese un atasco, sin causar ninguna avería debida a la sobrecarga de su propio peso sobre la banda.

Por último se ha buscado una banda transportadora comercial que cumpliese con todos esos requisitos que se han nombrado anteriormente. Esta ha sido la banda transportadora seleccionada:

**Transportadora de banda para cargas semipesadas Ref: TKB-10** de la casa Maskepack (+kepack), estas son sus características:

- Longitud entre centros de tambores (L) => 1000 a 20.000mm
- Ancho de banda (A) => 500 a 1500mm
- Diámetro del tambor motriz => 100mm
- Diámetro del tambor tensor => 100mm
- Motorización => Extrema (en posición vertical u horizontal)
- Velocidad => 5 a 100 metros/minuto
- Bastidor => Hierro / Inox / Aluminio
- Guías laterales => Fijas o regulables
- Capacidad de carga máxima => 350 Kg
- Pies => Regulables  $\pm 50$ mm.





#### 4.5- ELECCIÓN DE LA BANDA TRANSPORTADORA HORIZONTAL:

El objeto de este apartado es el mismo que el apartado anterior numero 4.4 (elección de la banda transportadora inclinada). Se quiere seleccionar una banda transportadora comercial capaz de funcionar correctamente bajo las condiciones que exige el sistema automático de alimentación. Pero en este caso con el propósito de resumir algo el documento de cálculos, directamente se indicará el tipo de banda transportadora seleccionada junto con todas sus características.

La cinta debía cumplir con las siguientes especificaciones:

- Largo de la banda-----80 m
- Ancho de la banda-----50 mm
- Capacidad de carga necesaria-----3.58 T/h

Estas son las características de la cinta transportadora seleccionada:

- Peso del tramo de 6m-----33,9 Kg
- Peso de la banda-----6.5 Kg/m
- Peso cabeza motriz sin moto reductor-----60 Kg
- Peso pie tensor-----45 Kg
- Diámetro rodillos-----60mm
- Diámetro tambor-----250mm
- Potencia motor -----7.5 C.V.

Esta banda transportadora de rodillos recta, que desplaza la comida longitudinalmente a lo largo de toda la nave, es válida para este proyecto ya que para su elección he sido asesorado por el ingeniero encargado del diseño de este tipo de bandas transportadoras, de la empresa (aspiraciones y elevadores xilocal S.L.).



## 5.- CÁLCULO ESTRUCTURA CINTAS DISTRIBUIDORAS:

El objeto de este apartado es el de calcular una estructura suficientemente resistente como para soportar el peso de la banda transportadora de distribución, el peso de la comida, el peso de la carcasa protectora y el peso de cada acometida con todo el sistema neumático de tajaderas.

Como ya hemos visto anteriormente se han seleccionado dos tipos de cintas, una para la sección inclinada que transporta la comida desde la boca de salida del carro mezclador hasta la nave de las ovejas y otra horizontal que transporta la comida longitudinalmente a lo largo de la nave de las ovejas.

Pero solo será necesario calcular la estructura que sustentará la banda transportadora horizontal, ya que la banda transportadora inclinada trae de fábrica sus propios soportes estándar que se atornillarán en el suelo de la nave nueva.

La banda transportadora horizontal, junto con todos los elementos que forman el sistema de distribución de comida dentro de la nave de las ovejas, irán apoyados en una estructura metálica y a su vez esta estructura irá atornillada a los muros de hormigón que posee la nave de las ovejas longitudinalmente.

### 5.1.- CÁLCULO DE LA MASA DE LOS ELEMENTOS /METRO:

En este apartado se van a calcular las masas de todos los elementos, por unidad de longitud, que componen el sistema de distribución automático de comida en la nave de las ovejas. Estos son los elementos que componen el sistema automático de distribución de comida dentro de la nave de las ovejas y de los cuales se calculará la masa por metro.

- Banda transportadora recta horizontal
- Carga (comida)
- Carcasa protectora (cubre el 100%)
- Sistema de acometida

### 5.1.1.- CÁLCULO DE LA MASA DE LA BANDA POR METRO:

#### 5.1.1.1.- MASA DEL BASTIDOR DE LA BANDA TRANS. POR METRO:

La banda transportadora seleccionada no es un producto que se pueda encontrar en los catálogos de una empresa, son bandas transportadoras fabricadas por una empresa que se dedica exclusivamente al montaje de estas bandas en multitud de aplicaciones industriales. Por lo tanto, los datos de masa por unidad de metro, han sido facilitados por esta empresa después de valorar las características que la cinta debía cumplir. Estos datos de Kg/m son los siguientes:

- Masa pie tensor-----45 Kg
- Masa del tramo de 6m-----33,9 Kg

La masa del pie tensor es una carga puntual, es decir, la carga no está repartida a lo largo de toda la cinta horizontal, ya que únicamente tendremos instalado un pie tensor en un extremo de la cinta. De todos modos, con fin de sobredimensionar los pilares para que soporten cargas imprevistas, consideraremos que contamos con 14 pies tensores, uno por cada tramo correspondiente a cada uno de los 14 lotes a los que la banda transportadora horizontal suministra comida.

La masa del tramo de 6 metros, tal y como indica el fabricante, es de 33.9 Kg por lo tanto si dividimos entre 6, tendremos una masa del bastidor junto con los rodillos de apoyo y retorno de:

$$\text{Masa del bastidor de la banda por metro} = 5.56 \text{ Kg/m}$$

Contamos con un desarrollo total de 170.7m de banda textil para la banda transportadora horizontal, por lo tanto, la masa total del bastidor y rodillos será de:

$$5.56 \text{ Kg/m} * 170.7 \text{ m} = 964.455 \text{ Kg.}$$

Por último, con objeto de sobredimensionar algo la estructura, tal y como se ha comentado anteriormente, supondremos que contamos con 14 pies tensores que suponen una masa total de 630 Kg.

### 5.1.1.2.- MASA BANDA TEXTIL LISA POR METRO:

Mediante la siguiente expresión podemos calcular la masa de la banda por metro.

$$P = B \cdot (1,15 \cdot e + P_l \cdot z)$$

P- La masa de la banda en Kg/m. => incógnita

B- El ancho de la banda en metros. => 0.50 m

Pl.- Masa por m<sup>2</sup> de cada capa textil, en Kg/m<sup>2</sup> (tabla). => Tipo; EP-500; Pl. = 3.21 Kg/m<sup>2</sup>

e- Espesor total de los recubrimientos, en mm => Espeso total = (3 + 1.5) => e = 4.5 mm.

Z- Numero de capas de textiles. => Z = 2

$$P = 0.50 \times [(1.15 \times 4.5) + (3.21 \times 2)] \Rightarrow P = 6.585 \text{ Kg/m};$$

$$\text{Peso total} = 6.58 \text{ Kg/m} \times 170.7 \text{ m} \Rightarrow P \text{ total} = 1123.206 \text{ Kg}$$

VALORES DE PL (Kg/ m <sup>2</sup> , CAPA)	
Tipo de Lona	Pl (Kg/m <sup>2</sup> )
EP- 100	1,12
EP- 125	1,40
EP- 160	1,41
EP- 200	1,56
EP- 250	1,89
EP- 315	2,31
EP- 400	2,65
EP- 500	3,21
EP- 630	4,06

### 5.1.1.3.- MASA DEL MOTOR ELÉCTRICO:

El motor o cabeza motriz de 7.5 C.V seleccionado tiene una masa de **60 Kg** y al igual que el pie tensor es una carga puntual, ya que únicamente contaremos con un motor para accionar la banda transportadora horizontal. Esta carga estará situada en un extremo de la banda horizontal, pero al contrario que con el pie tensor, esta vez no supondremos que contamos con más unidades de las que realmente tenemos, para no sobredimensionar la estructura excesivamente.

$$\text{Masa motor} = 60 \text{ Kg}$$



### 5.1.2.- CÁLCULO DE LA MASA DE LA CARGA POR METRO:

En este apartado calcularemos la cantidad de comida en kilogramos que habrá en cada metro de banda. Para calcular este valor utilizaremos la siguiente ecuación:

$$q_G = \frac{Q}{3.6 \times v} = 0.278 \times \frac{Q}{v} \text{ (Kg/m)}$$

Siendo:

- $q_G$ .- Masa de la carga por unidad de longitud, en Kg/m. (Incógnita)
- $v$ .- Velocidad de la banda, en m/s.  $\Rightarrow v = 0.56 \text{ m/s}$
- Longitud del comedero = 28 m
- Tiempo de recorrido de extremo a extremo 50 s
- Velocidad de la cinta del comedero = 28 m/50s  $\Rightarrow v = 0.56 \text{ m/s}$
- $Q$ .- Capacidad de la banda, en T/h.  $\Rightarrow Q = 3.58 \text{ T/h}$

Tiempo de recorrido de extremo a extremo 50 s

Masa de comida diaria por comedero = 53.57 Kg

$Q = 53.57 \text{ Kg} / 50 \text{ s} \Rightarrow Q = 1.07 \text{ Kg/s} / 1000 \times 3600 \Rightarrow Q = 3.58 \text{ T/h}$

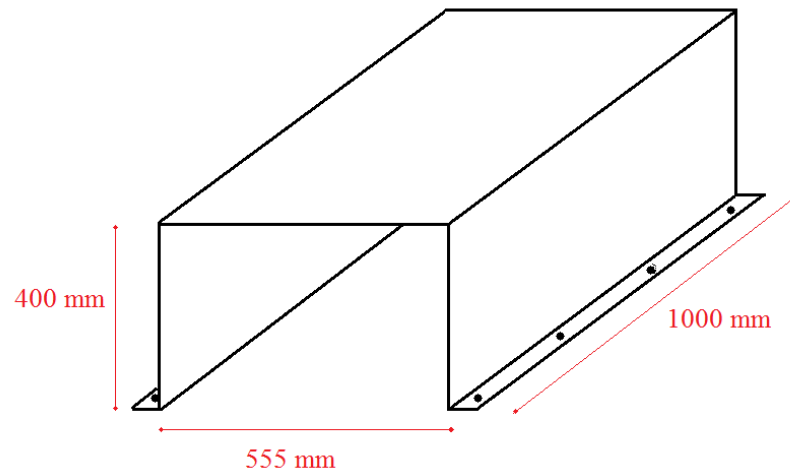
$$q_G = \frac{Q}{3.6 \times v} = 0.278 \times \frac{Q}{v} \text{ (Kg/m)}$$

$$q_G = \frac{3.58}{3.6 \times 0.56} = 0.278 \times \frac{3.58}{0.56} = 1.77 \text{ (Kg/m)}$$

En conclusión la **masa de la comida por metro es = 1.77 Kg/m**

### 5.1.3.- CÁLCULO DE LA MASA DE LA CARCASA PROTECTORA / METRO:

Este elemento, al que se le ha llamado carcasa protectora, es simplemente chapa de 1 milímetro de espesor, la cual ha sido plegada para darle la forma rectangular deseada. Esta carcasa protectora, se atornilla al bastidor de la banda transportadora a lo largo de todo el recorrido de la banda y está formada por módulos rectangulares de 1 metro de longitud.



En documento N°4 Planos (plano 5.7) podremos ver el desarrollo de la chapa empleada para fabricar uno de estos módulos de la carcasa protectora. Utilizando este desarrollo, calculamos el volumen de chapa que tiene cada modulo:

Volumen de acero =>  $1,4 \text{ m} * 1 \text{ m} * 0.001 \text{ m} = 0.0014 \text{ m}^3$  de acero.

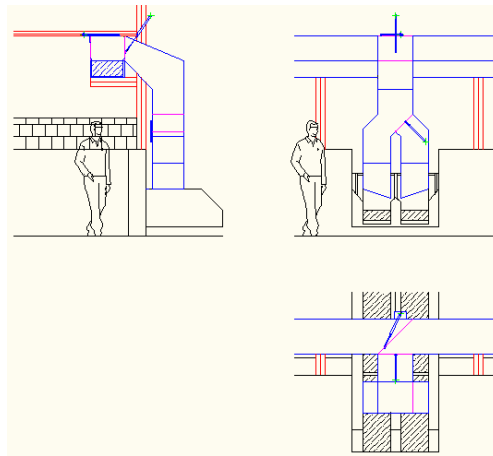
Para terminar, si multiplicamos el volumen de acero por su densidad, tendremos la masa de carcasa protectora por metro de longitud.

$$0.0014 \text{ m}^3 * 7850 \text{ Kg/m}^3 = 10.99 \text{ Kg}$$

**Masa de la carcasa protectora/ metro = 11 Kg/m**

#### 5.1.4.-CÁLCULO DE LA MASA DE LA ACOMETIDA:

La acometida es el elemento encargado de desviar y dirigir la comida desde la banda transportadora horizontal hasta los comederos. Es decir, es un conducto de chapa, de la misma sección rectangular que la carcasa protectora y que cuenta con una serie de tajaderas y puertas accionadas neumáticamente. La gran diferencia de esta sección del sistema de distribución de comida (acometida), es que ha colocado una chapa de espesor de 2 mm para así poder sujetar en ella todos elementos del sistema neumático y que queden suficientemente firmes.



Este proyecto cuenta con 13 acometidas, una por cada lote, y lo que se pretende en este apartado es calcular la masa total de cada una de las acometidas para conocer la carga puntual que cada acometida ejerce en la posición donde están montadas.

Esta carga puntual es la resultante de la suma de los siguientes componentes de la acometida:

- Sistema neumático: 3 cilindros neumáticos  $\Rightarrow 0.8 * 3 = 2.4 \text{ Kg}$
- Conductos de chapa:  $0.0113 \text{ m}^3 * 7850 \text{ Kg/m}^3 = 104.405 \text{ Kg}$
- Tajaderas y puertas =  $2.34 + 2.64 + 3.7 = 8.68 \text{ Kg}$

El sumatorio de las masas de todos los elementos que forman la acometida nos da la masa total de la misma que es de  $2.4 + 104.405 + 8.68 = 115.485 \text{ Kg}$

**Masa de la acometida  $\Rightarrow 115.485 \text{ Kg}$**



### 5.1.5.- RESUMEN DE LAS CARGAS QUE SOPORTA LA ESTRUCTURA:

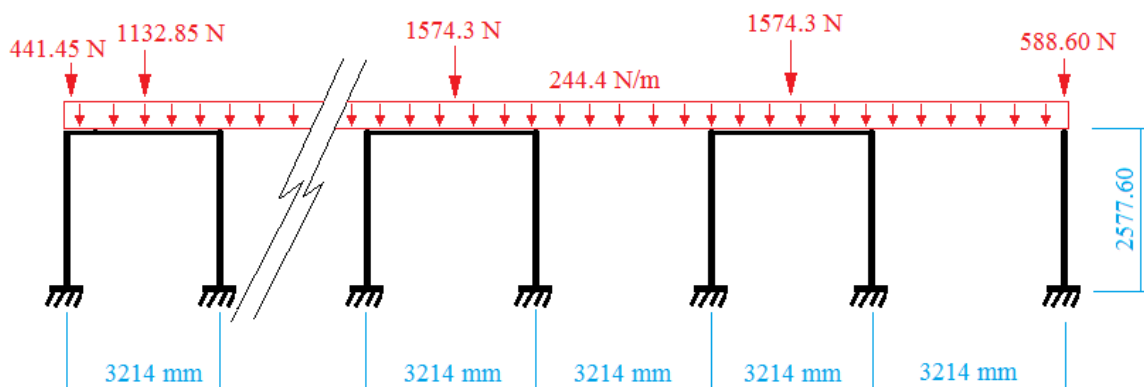
Una vez que conocemos la masa de todos los elementos de la banda transportadora horizontal, hay que calcular las cargas que estas masas ejercen sobre la estructura. Estas son las siguientes:

- Carga de la comida  $\Rightarrow 1.77 \text{ Kg/m} * 9.81 \text{ m/s}^2 = 17.36 \text{ N/m}$
- Carga de la carcasa  $\Rightarrow 11 \text{ Kg/m} * 9.81 \text{ m/s}^2 = 107.91 \text{ N/m}$
- Carga de la banda  $\Rightarrow 6.58 \text{ Kg/m} * 9.81 \text{ m/s}^2 = 64.59 \text{ N/m}$
- Carga de la bastidor banda  $\Rightarrow 5.56 \text{ Kg/m} * 9.81 \text{ m/s}^2 = 54.54 \text{ N/m}$
- Carga (puntual) de la acometida  $\Rightarrow 115.48 \text{ Kg} * 9.81 \text{ m/s}^2 = 1132.85 \text{ N}$
- Carga (puntual) de el motor  $\Rightarrow 60 \text{ Kg} * 9.81 \text{ m/s}^2 = 588.60 \text{ N}$
- Carga (puntual) de el pie tensor  $\Rightarrow 45 \text{ Kg} * 9.81 \text{ m/s}^2 = 441.45 \text{ N}$

### 5.2.- CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA:

En este apartado lo que se va a hacer es dimensionar la estructura que sustenta la banda transportadora horizontal junto a todos sus elementos y la acometida. Al igual que se ha hecho con la estructura de la nave, se utilizará el programa CYPE.

En la figura de abajo podemos observar esquemáticamente como están repartidas las cargas, tanto puntuales como uniformemente repartidas (color rojo), sobre las vigas que forman la estructura que soporta todo el sistema automático de distribución de comida (color negro). Está todo acotado en milímetros (color azul).

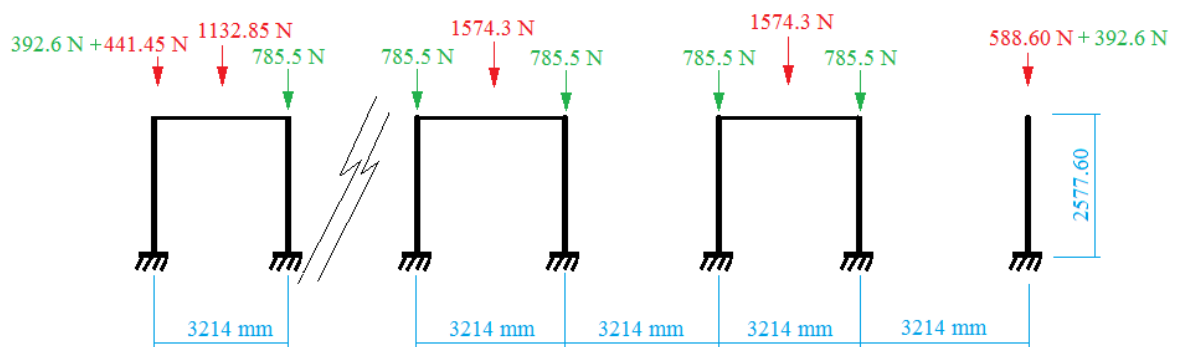


Las cargas uniformemente repartidas, los 244.4 N/m, con objeto de simplificar la introducción de cargas en el programa CYPE, las colocaremos como cargas puntuales, colocando sobre cada pilar la carga que le corresponda. A cada pilar central les corresponden 3.213 m de banda transportadora y a los pilares de los extremos les corresponde 1.606 m, por lo tanto, la carga puntual equivalente sería:

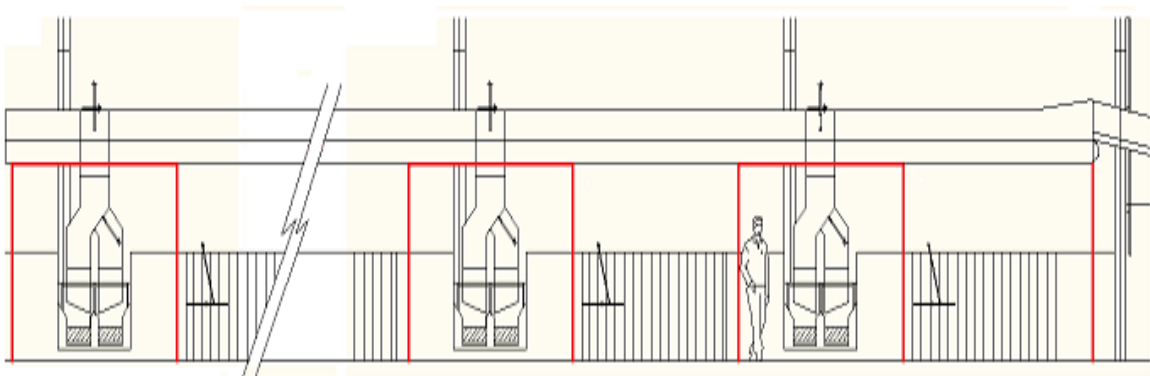
$$\text{Pilares centrales} \Rightarrow 244.4 \text{ N/m} * 3.213 \text{ m} = 785.25 \text{ N}$$

$$\text{Pilares extremos} \Rightarrow 244.4 \text{ N/m} * 1.606 \text{ m} = 392.62 \text{ N}$$

Esta sería la distribución de cargas que introduciríamos en el programa de cálculo de estructuras: Las cargas puntuales verdes son las equivalentes a la carga uniformemente repartida de 244.4 N/m que podíamos observar en la imagen anterior.

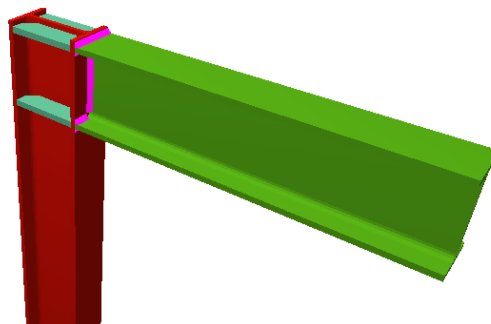
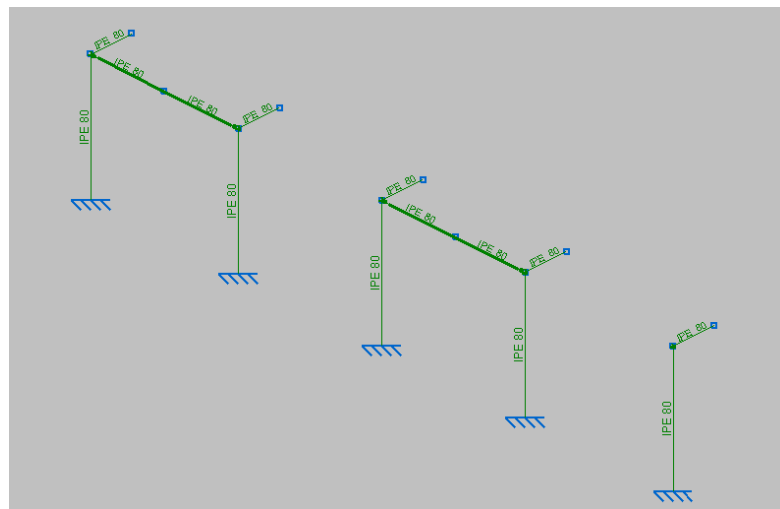


En la imagen de abajo podemos observar donde irían situadas los pilares y vigas que forman la estructura para soportar todo el sistema automático de distribución.



Una vez se han introducido todos los datos de la estructura que sustenta todo el sistema automático de distribución de comida dentro de la nave de las ovejas, se ha calculado, mediante el programa CYPE ingenieros (subprograma Nuevo metal 3D), el perfil necesario para que la estructura aguante correctamente todas las cargas que ejercen los elementos que componen el sistema.

El resultado del programa ha sido que utilizando un **perfil IPE 80** la estructura soporta las cargas correctamente con un aprovechamiento que varía desde el 21.80% al 15.45%. Como se puede observar el aprovechamiento no está muy optimizado, pero de todos modos se empleará el perfil IPE 80 por dos motivos. El primero, porque de este modo garantizamos que si una persona se sube encima de la banda transportadora horizontal, para realizar labores de mantenimiento, la estructura aguanta perfectamente. Y en segundo lugar, porque es el perfil, de dimensiones comerciales, menor de la serie IPE.



# **ANEXO CÁLCULOS II – CÁLCULOS ESTRUCTURALES**

## ANEXO CÁLCULOS II – CÁLCULOS ESTRUCTURALES

### ÍNDICE:

1.- Correas de cubierta y fachada de la nave.....	2-13
2.- Correas de cubierta de la oficina.....	14-20
3.- Estructura.....	21-148
3.1. Comprobaciones ULE.....	23-146
3.2.- Placas de anclaje.....	147-148
4.- Cimentaciones.....	149-165
4.1.- Elementos de cimentación aislados.....	149-165
4.2.- Vigas de atado y centradoras.....	159-165

# 1.- CORREAS DE CUBIERTA Y FACHADA DE LA NAVE:

## Datos de la obra

Separación entre pórticos: 6.40 m

Con cerramiento en cubierta

- Peso del cerramiento: 11.00 kg/m<sup>2</sup>

- Sobrecarga del cerramiento: 40.00 kg/m<sup>2</sup>

Con cerramiento en laterales

- Peso del cerramiento: 8.00 kg/m<sup>2</sup>

## Normas y combinaciones

Perfiles conformados	CTE Cota de nieve: Altitud inferior o igual a 1000 m
Perfiles laminados	CTE Cota de nieve: Altitud inferior o igual a 1000 m
Desplazamientos	Acciones características

## Datos de viento

Normativa: CTE DB SE-AE (España)

Zona eólica: C

Grado de aspereza: II. Terreno rural llano sin obstáculos

Periodo de servicio (años): 50

Profundidad nave industrial: 32.00

Con huecos:

- Área izquierda: 0.00

- Altura izquierda: 0.00

- Área derecha: 28.61

- Altura derecha: 2.32

- Área frontal: 56.35

- Altura frontal: 2.50

- Área trasera: 0.00

- Altura trasera: 0.00

1 - V(0°) H1: Viento a 0°, presión exterior tipo 1 sin acción en el interior

2 - V(0°) H2: Viento a 0°, presión exterior tipo 1 con succión interior

3 - V(0°) H3: Viento a 0°, presión exterior tipo 2 sin acción en el interior

4 - V(0°) H4: Viento a 0°, presión exterior tipo 2 con succión interior

5 - V(90°) H1: Viento a 90°, presión exterior tipo 1 sin acción en el interior

6 - V(90°) H2: Viento a 90°, presión exterior tipo 1 con succión interior

7 - V(180°) H1: Viento a 180°, presión exterior tipo 1 con presión interior

8 - V(180°) H2: Viento a 180°, presión exterior tipo 1 con succión interior

9 - V(180°) H3: Viento a 180°, presión exterior tipo 2 con presión interior

10 - V(180°) H4: Viento a 180°, presión exterior tipo 2 con succión interior

11 - V(270°) H1: Viento a 270°, presión exterior tipo 1 con presión interior

12 - V(270°) H2: Viento a 270°, presión exterior tipo 1 con succión interior

## Datos de nieve

Normativa: CTE DB-SE AE (España)

Zona de clima invernal: 2

Altitud topográfica: 470.00 m

Cubierta sin resaltos

Exposición al viento: Normal

Hipótesis aplicadas:

1 - N(EI): Nieve (estado inicial)

2 - N(R) 1: Nieve (redistribución) 1

### 3 - N(R) 2: Nieve (redistribución) 2

#### Aceros en perfiles

Tipo acero	Acero	Lim. elástico kp/cm <sup>2</sup>	Módulo de elasticidad kp/cm <sup>2</sup>
Acero laminado	S275	2803	2140673

Datos de pórticos			
Pórtico	Tipo exterior	Geometría	Tipo interior

Descripción de las abreviaturas:

R : Posición relativa a la longitud de la barra.

EG : Ejes de la carga coincidentes con los globales de la estructura.

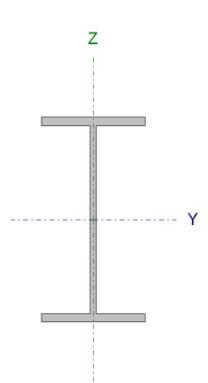
EXB : Ejes de la carga en el plano de definición de la misma y con el eje X coincidente con la barra.

Datos de correas de cubierta	
Descripción de correas	Parámetros de cálculo
Tipo de perfil: IPE 180	Límite flecha: L / 300
Separación: 1.90 m	Número de vanos: Dos vanos
Tipo de Acero: S275	Tipo de fijación: Fijación rígida

Comprobación de resistencia

Comprobación de resistencia
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones.
Aprovechamiento: 64.49 %

Barra pésima en cubierta

Perfil: IPE 180 Material: S275							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm²)	I <sub>v</sub> <sup>(1)</sup> (cm4)	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm4)	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm4)
	0.909, 25.600, 7.623	0.909, 19.200, 7.623	6.400	23.90	1317.00	100.90	4.79
	Notas: <sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado <sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme						
		Pandeo		Pandeo lateral			
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.		Ala inf.	
	β	0.00	1.00	0.00		0.00	
	L <sub>K</sub>	0.000	6.400	0.000		0.000	
	C <sub>m</sub>	1.000	1.000	1.000		1.000	
	C <sub>1</sub>	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_w$	$N_t$	$N_c$	$M_y$	$M_z$	$V_z$	$V_y$	$M_y V_z$	$M_z V_y$	$N M_y M_z$	$N M_y M_z V_y V_z$	$M_t$	$M_t V_z$	$M_t V_y$	
pésima en cubierta	N.P. <sup>(1)</sup>	x: 1.067 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	x: 6.4 m $\eta = 64.5$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	x: 6.4 m $\eta = 15.2$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(5)</sup>	x: 1.067 m $\eta < 0.1$	N.P. <sup>(6)</sup>	N.P. <sup>(7)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(9)</sup>	N.P. <sup>(10)</sup>	N.P. <sup>(10)</sup>	<b>CUMPLE</b> <b><math>\eta = 64.5</math></b>
Notación: $\bar{\lambda}$ : Limitación de esbeltez $\lambda_w$ : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida $N_t$ : Resistencia a tracción $N_c$ : Resistencia a compresión $M_y$ : Resistencia a flexión eje Y $M_z$ : Resistencia a flexión eje Z $V_z$ : Resistencia a corte Z $V_y$ : Resistencia a corte Y $M_y V_z$ : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados $M_z V_y$ : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados $N M_y M_z$ : Resistencia a flexión y axil combinados $N M_y M_z V_y V_z$ : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados $M_t$ : Resistencia a torsión $M_t V_z$ : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados $M_t V_y$ : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados $x$ : Distancia al origen de la barra $\eta$ : Coeficiente de aprovechamiento (%) $N.P.$ : No procede																
Comprobaciones que no proceden (N.P.): <sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión ni de tracción. <sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción. <sup>(3)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión. <sup>(4)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. <sup>(5)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. <sup>(6)</sup> No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. <sup>(7)</sup> No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. <sup>(8)</sup> No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. <sup>(9)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. <sup>(10)</sup> No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.																

### Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión ni de tracción.

### Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

$$30.94 \leq 250.32$$



Donde:

$h_w$ : Altura del alma.

$t_w$ : Espesor del alma.

$A_w$ : Área del alma.

$A_{fc,ef}$ : Área reducida del ala comprimida.

$k$ : Coeficiente que depende de la clase de la sección.

$E$ : Módulo de elasticidad.

$f_{yf}$ : Límite elástico del acero del ala comprimida.

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

$$h_w : 164.00 \text{ mm}$$

$$t_w : 5.30 \text{ mm}$$

$$A_w : 8.69 \text{ cm}^2$$

$$A_{fc,ef} : 7.28 \text{ cm}^2$$

$$k : 0.30$$

$$E : 2140673 \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yf} : 2803.26 \text{ kp/cm}^2$$

### Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

### Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

### Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$



$\eta :$ **0.645**

Para flexión positiva:

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

 $M_{Ed}^+ :$ 0.000

t·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 0.909, 19.200, 7.623, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot G1 + 1.35 \cdot G2 + 0.75 \cdot N(R) + 1.50 \cdot V(0^\circ) H4$ .

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

 $M_{Ed}^- :$ 2.865

t·m

El momento flector resistente de cálculo

$M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

 $M_{c,Rd} :$ 4.443

t·m

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

**Clase :**1

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

 $W_{pl,y} :$ 166.40cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

 $f_{yd} :$ 2669.77kp/cm<sup>2</sup>

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

 $f_y :$ 2803.26kp/cm<sup>2</sup>

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

 $\gamma_{M0} :$ 1.05

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

**Resistencia a flexión eje Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a corte Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

 $\eta :$ **0.152**

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 0.909, 19.200, 7.623, para la combinación de acciones 1.35\*G1 + 1.35\*G2 + 0.75\*N(R) 2 + 1.50\*V(0°) H4.

**V<sub>Ed</sub>**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{2.238} \quad t$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **V<sub>c,Rd</sub>** viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{14.705} \quad t$$

Donde:

**A<sub>v</sub>**: Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{9.54} \quad \text{cm}^2$$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

**h**: Canto de la sección.

$$h : \underline{180.00} \quad \text{mm}$$

**t<sub>w</sub>**: Espesor del alma.

$$t_w : \underline{5.30} \quad \text{mm}$$

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \quad \text{kp/cm}^2$$

**γ<sub>M0</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

$$30.94$$

<

$$64.71$$

Donde:

**λ<sub>w</sub>**: Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{30.94}$$

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

**λ<sub>máx</sub>**: Esbeltez máxima.

$$\lambda_{máx} : \underline{64.71}$$

$$\lambda_{máx} = 70 \cdot \varepsilon$$

**ε**: Factor de reducción.

$$\varepsilon : \underline{0.92}$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

**f<sub>ref</sub>**: Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{2395.51} \quad \text{kp/cm}^2$$

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \quad \text{kp/cm}^2$$

#### **Resistencia a corte Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

#### **Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$0.746 \leq 7.352$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 1.067 m del nudo 0.909, 25.600, 7.623, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot G1 + 1.35 \cdot G2 + 0.75 \cdot N(R) + 1.50 \cdot V(0^\circ)$  H4.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 0.746 t

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$  : 14.705 t

#### **Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

#### **Resistencia a flexión y axil combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

#### **Resistencia a flexión, axil y cortante combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

#### **Resistencia a torsión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

#### **Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

#### **Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

## Comprobación de flecha

Comprobación de flecha
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones.
Porcentajes de aprovechamiento:
- Flecha: 73.95 %

Coordenadas del nudo inicial: 0.909, 25.600, 7.623

Coordenadas del nudo final: 0.909, 19.200, 7.623

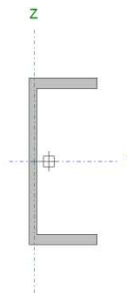
El aprovechamiento pésimo se produce para la combinación de hipótesis 1.00\*G1 + 1.00\*G2 + 1.00\*Q + 1.00\*N(EI) + 1.00\*V(0°) H4 a una distancia 3.200 m del origen en el primer vano de la correa.

(I<sub>y</sub> = 1317 cm<sup>4</sup>) (I<sub>z</sub> = 101 cm<sup>4</sup>)

Datos de correas laterales	
Descripción de correas	Parámetros de cálculo
Tipo de perfil: UPN 160	Límite flecha: L / 300
Separación: 1.50 m	Número de vanos: Dos vanos
Tipo de Acero: S275	Tipo de fijación: Fijación rígida

Comprobación de resistencia

Comprobación de resistencia
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones.
Aprovechamiento: 67.43 %
Barra pésima en lateral

Perfil: UPN 160 Material: S275									
	Nudos		Longitud d (m)	Características mecánicas					
	Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )	y <sub>a</sub> <sup>(3)</sup> (mm)	z <sub>a</sub> <sup>(3)</sup> (mm)
	0.000, 32.000, 0.750	0.000, 25.600, 0.750	6.400	24.0 0	925.0 0	85.3 0	7.39	- 14.10	0.00
	Notas: <sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado <sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme <sup>(3)</sup> Coordenadas del centro de gravedad								
		Pandeo		Pandeo lateral					
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.		Ala inf.			
	β	0.00	1.00	0.00		0.00			
	L <sub>K</sub>	0.000	6.400	0.000		0.000			
	C <sub>m</sub>	1.000	1.000	1.000		1.000			
	C <sub>1</sub>	-		1.000					
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico									

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_w$	N <sub>t</sub>	N <sub>c</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>	V <sub>z</sub>	V <sub>y</sub>	M <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>t</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>t</sub> V <sub>y</sub>	
pésima en lateral	N.P. <sup>(1)</sup>	x: 1.067 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	N <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(2)</sup>	N <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(3)</sup>	x: 6.4 m $\eta = 67.4$	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(4)</sup>	x: 6.4 m $\eta = 10.5$	V <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(5)</sup>	x: 1.067 m $\eta < 0.1$	N.P. <sup>(6)</sup>	N.P. <sup>(7)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(9)</sup>	N.P. <sup>(10)</sup>	N.P. <sup>(10)</sup>	<b>CUMPLE</b> <b><math>\eta = 67.4</math></b>

<p>Notación:</p> <p><math>\lambda</math>: Limitación de esbeltez</p> <p><math>\lambda_w</math>: Abolladura del alma inducida por el ala comprimida</p> <p><math>N_c</math>: Resistencia a tracción</p> <p><math>N_c</math>: Resistencia a compresión</p> <p><math>M_y</math>: Resistencia a flexión eje Y</p> <p><math>M_z</math>: Resistencia a flexión eje Z</p> <p><math>V_z</math>: Resistencia a corte Z</p> <p><math>V_y</math>: Resistencia a corte Y</p> <p><math>M_y V_z</math>: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados</p> <p><math>M_z V_y</math>: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados</p> <p><math>N M_y M_z</math>: Resistencia a flexión y axil combinados</p> <p><math>N M_y M_z V_z</math>: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados</p> <p><math>N_t</math>: Resistencia a torsión</p> <p><math>M V_z</math>: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados</p> <p><math>M V_y</math>: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados</p> <p><math>x</math>: Distancia al origen de la barra</p> <p><math>\eta</math>: Coeficiente de aprovechamiento (%)</p> <p>N.P.: No procede</p>	<p>Comprobaciones que no proceden (N.P.):</p> <p>(1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión ni de tracción.</p> <p>(2) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.</p> <p>(3) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.</p> <p>(4) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.</p> <p>(5) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.</p> <p>(6) No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.</p> <p>(7) No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.</p> <p>(8) No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.</p> <p>(9) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.</p> <p>(10) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.</p>
---	---

### **Limitación de esbeltez** (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión ni de tracción.

### **Abolladura del alma inducida por el ala comprimida** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

$$18.53 \leq 283.14$$



Donde:

$h_w$ : Altura del alma.

$t_w$ : Espesor del alma.

$A_w$ : Área del alma.

$A_{fc,ef}$ : Área reducida del ala comprimida.

$k$ : Coeficiente que depende de la clase de la sección.

$E$ : Módulo de elasticidad.

$f_{yf}$ : Límite elástico del acero del ala comprimida.

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

$$h_w : 139.00 \text{ mm}$$

$$t_w : 7.50 \text{ mm}$$

$$A_w : 10.43 \text{ cm}^2$$

$$A_{fc,ef} : 6.83 \text{ cm}^2$$

$$k : 0.30$$

$$E : 2140673 \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yf} : 2803.26 \text{ kp/cm}^2$$

### **Resistencia a tracción** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

### **Resistencia a compresión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

### **Resistencia a flexión eje Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$\eta :$ **0.674**

Para flexión positiva:

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

 $M_{Ed}^+ :$ 0.000

t·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 0.000, 25.600, 0.750, para la combinación de acciones  $0.80 \cdot G1 + 0.80 \cdot G2 + 1.50 \cdot V(0^\circ)$  H2.

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

 $M_{Ed}^- :$ 2.484

t·m

El momento flector resistente de cálculo

$M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

 $M_{c,Rd} :$ 3.684

t·m

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

**Clase :**1

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

 $W_{pl,y} :$ 138.00cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

 $f_{yd} :$ 2669.77kp/cm<sup>2</sup>

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

 $f_y :$ 2803.26kp/cm<sup>2</sup>

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

 $\gamma_{M0} :$ 1.05

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

**Resistencia a flexión eje Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a corte Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

 $\eta :$ **0.105**

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 0.000, 25.600, 0.750, para la combinación de acciones 0.80\*G1 + 0.80\*G2 + 1.50\*V(0°) H2.

**V<sub>Ed</sub>**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{1.941} \text{ t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **V<sub>c,Rd</sub>** viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{18.497} \text{ t}$$

Donde:

**A<sub>v</sub>**: Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{12.00} \text{ cm}^2$$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

**h**: Canto de la sección.

$$h : \underline{160.00} \text{ mm}$$

**t<sub>w</sub>**: Espesor del alma.

$$t_w : \underline{7.50} \text{ mm}$$

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

**γ<sub>M0</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

$$18.53$$

<

$$64.71$$

Donde:

**λ<sub>w</sub>**: Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{18.53}$$

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

**λ<sub>máx</sub>**: Esbeltez máxima.

$$\lambda_{máx} : \underline{64.71}$$

$$\lambda_{máx} = 70 \cdot \varepsilon$$

**ε**: Factor de reducción.

$$\varepsilon : \underline{0.92}$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

**f<sub>ref</sub>**: Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{2395.51} \text{ kp/cm}^2$$

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

### **Resistencia a corte Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

### **Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$0.647 \leq 9.248$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 1.067 m del nudo 0.000, 32.000, 0.750, para la combinación de acciones  $0.80 \cdot G1 + 0.80 \cdot G2 + 1.50 \cdot V(0^\circ)$  H2.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 0.647 t

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$  : 18.497 t

### **Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

### **Resistencia a flexión y axil combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

### **Resistencia a flexión, axil y cortante combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

### **Resistencia a torsión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

### **Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

### **Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.



## Comprobación de flecha

Comprobación de flecha
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones. Porcentajes de aprovechamiento: - Flecha: 83.70 %

Coordenadas del nudo inicial: 0.000, 6.400, 0.750

Coordenadas del nudo final: 0.000, 0.000, 0.750

El aprovechamiento pésimo se produce para la combinación de hipótesis  $1.00 \cdot G1 + 1.00 \cdot G2 + 1.00 \cdot V(270^\circ)$  H1 a una distancia 2.133 m del origen en el segundo vano de la correa.

( $I_y = 925 \text{ cm}^4$ ) ( $I_z = 85 \text{ cm}^4$ )

Medición de correas			
Tipo de correas	Nº de correas	Peso lineal kg/m	Peso superficial kg/m <sup>2</sup>
Correas de cubierta	18	337.71	11.85
Correas laterales	7	131.88	4.63

## 2.- CORREAS DE CUBIERTA OFICINA.

### Datos de la obra

Separación entre pórticos: 5.60 m

Con cerramiento en cubierta

- Peso del cerramiento: 11.00 kg/m<sup>2</sup>

- Sobrecarga del cerramiento: 40.00 kg/m<sup>2</sup>

Sin cerramiento en laterales.

### Normas y combinaciones

Perfiles conformados	CTE Cota de nieve: Altitud inferior o igual a 1000 m
Perfiles laminados	CTE Cota de nieve: Altitud inferior o igual a 1000 m
Desplazamientos	Acciones características

### Datos de viento

Normativa: CTE DB SE-AE (España)

Zona eólica: C

Grado de aspereza: II. Terreno rural llano sin obstáculos

Periodo de servicio (años): 50

Profundidad nave industrial: 11.20

Sin huecos.

1 - V H1: Cubiertas aisladas

2 - V H2: Cubiertas aisladas

3 - V(0°) H1: Viento a 0° con succión interior

4 - V(90°) H1: Viento a 90°, presión exterior tipo 1 con presión interior

5 - V(180°) H1: Viento a 180°, presión exterior tipo 1 con succión interior

6 - V(180°) H2: Viento a 180°, presión exterior tipo 2 con succión interior

7 - V(270°) H1: Viento a 270°, presión exterior tipo 1 con presión interior

### Datos de nieve

Normativa: CTE DB-SE AE (España)

Zona de clima invernal: 2

Altitud topográfica: 470.00 m

Cubierta sin resaltos

Exposición al viento: Normal

Hipótesis aplicadas:

1 - N(EI): Nieve (estado inicial)

2 - N(R): Nieve (redistribución)

### Aceros en perfiles

Tipo acero	Acero	Lim. elástico kp/cm <sup>2</sup>	Módulo de elasticidad kp/cm <sup>2</sup>
Acero laminado	S275	2803	2140673

Datos de pórticos					
Pórtico	Tipo exterior	Geometría	Tipo interior		
1	Un agua	Luz total: 5.98 m Alero izquierdo: 4.42 m Alero derecho: 3.00 m	Pórtico rígido		
Cubierta		Nieve (redistribución)	Uniforme	---	0.09 t/m EG: (0.00, 0.00, -1.00)

Descripción de las abreviaturas:

R : Posición relativa a la longitud de la barra.

EG : Ejes de la carga coincidentes con los globales de la estructura.

EXB : Ejes de la carga en el plano de definición de la misma y con el eje X coincidente con la barra.

Datos de correas de cubierta	
Descripción de correas	Parámetros de cálculo
Tipo de perfil: IPE 160	Límite flecha: L / 300
Separación: 1.53 m	Número de vanos: Dos vanos
Tipo de Acero: S275	Tipo de fijación: Fijación rígida

Comprobación de resistencia

Comprobación de resistencia
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones.
Aprovechamiento: 73.61 %
Barra pésima en cubierta

Perfil: IPE 160 Material: S275							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm²)	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm4)	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm4)	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm4)
	5.236, 5.600, 3.177	5.236, 11.200, 3.177	5.600	20.10	869.30	68.31	3.60
	Notas: <sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado <sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo		Pandeo lateral				
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.			
	β	0.00	1.00	0.00	0.00		
L <sub>K</sub>	0.000	5.600	0.000	0.000			
C <sub>m</sub>	1.000	1.000	1.000	1.000			
C <sub>1</sub>	-		1.000				
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico							

COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)																Estado
Barra	$\bar{\lambda}$	$\lambda_w$	N <sub>t</sub>	N <sub>c</sub>	M <sub>Y</sub>	M <sub>Z</sub>	V <sub>Z</sub>	V <sub>Y</sub>	M <sub>Y</sub> V <sub>Z</sub>	M <sub>Z</sub> V <sub>Y</sub>	NM <sub>Y</sub> M <sub>Z</sub>	NM <sub>Y</sub> M <sub>Z</sub> V <sub>Y</sub> V <sub>Z</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>t</sub> V <sub>Z</sub>	M <sub>t</sub> V <sub>Y</sub>	
pésima en cubierta	N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	N <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(2)</sup>	N <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m η = 73.6	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m η = 17.5	V <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(5)</sup>	x: 0 m η < 0.1	N.P. <sup>(6)</sup>	N.P. <sup>(7)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(9)</sup>	N.P. <sup>(10)</sup>	N.P. <sup>(10)</sup>	<b>CUMPLE</b> η = 73.6
Notación: <i><math>\bar{\lambda}</math>: Limitación de esbeltez</i> <i><math>\lambda_w</math>: Abolladura del alma inducida por el ala comprimida</i> <i>N<sub>t</sub>: Resistencia a tracción</i> <i>N<sub>c</sub>: Resistencia a compresión</i> <i>M<sub>Y</sub>: Resistencia a flexión eje Y</i> <i>M<sub>Z</sub>: Resistencia a flexión eje Z</i> <i>V<sub>Z</sub>: Resistencia a corte Z</i> <i>V<sub>Y</sub>: Resistencia a corte Y</i> <i>M<sub>Y</sub>V<sub>Z</sub>: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados</i> <i>M<sub>Z</sub>V<sub>Y</sub>: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados</i> <i>NM<sub>Y</sub>M<sub>Z</sub>: Resistencia a flexión y axil combinados</i> <i>NM<sub>Y</sub>M<sub>Z</sub>V<sub>Y</sub>V<sub>Z</sub>: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados</i> <i>M<sub>t</sub>: Resistencia a torsión</i> <i>M<sub>t</sub>V<sub>Z</sub>: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados</i> <i>M<sub>t</sub>V<sub>Y</sub>: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados</i> <i>x: Distancia al origen de la barra</i> <i>η: Coeficiente de aprovechamiento (%)</i> <i>N.P.: No procede</i>																
Comprobaciones que no proceden (N.P.): <sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión ni de tracción. <sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción. <sup>(3)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión. <sup>(4)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. <sup>(5)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. <sup>(6)</sup> No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. <sup>(7)</sup> No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. <sup>(8)</sup> No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. <sup>(9)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. <sup>(10)</sup> No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.																

**Limitación de esbeltez** (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión ni de tracción.

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

$$29.04 \leq 250.58$$



Donde:

$h_w$ : Altura del alma.

$t_w$ : Espesor del alma.

$A_w$ : Área del alma.

$A_{fc,ef}$ : Área reducida del ala comprimida.

$k$ : Coeficiente que depende de la clase de la sección.

$E$ : Módulo de elasticidad.

$f_{yf}$ : Límite elástico del acero del ala comprimida.

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

$$h_w : \quad 145.20 \text{ mm}$$

$$t_w : \quad 5.00 \text{ mm}$$

$$A_w : \quad 7.26 \text{ cm}^2$$

$$A_{fc,ef} : \quad 6.07 \text{ cm}^2$$

$$k : \quad 0.30$$

$$E : \quad 2140673 \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yf} : \quad 2803.26 \text{ kp/cm}^2$$

**Resistencia a tracción** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

**Resistencia a compresión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

**Resistencia a flexión eje Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$\eta :$

$$0.736$$



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 5.236, 5.600, 3.177, para la combinación de acciones  $0.80 \cdot G1 + 0.80 \cdot G2 + 1.50 \cdot V H2$ .

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \quad 2.435 \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \quad 0.000 \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd} \quad M_{c,Rd} : \quad 3.308 \quad t \cdot m$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$Clase : \quad 1$$

**$W_{pl,y}$ :** Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \quad 123.90 \quad cm^3$$

**$f_{yd}$ :** Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \quad 2669.77 \quad kp/cm^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

**$f_y$ :** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \quad 2803.26 \quad kp/cm^2$$

**$\gamma_{M0}$ :** Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \quad 1.05$$

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

**Resistencia a flexión eje Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a corte Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \quad 0.175 \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 5.236, 5.600, 3.177, para la combinación de acciones  $0.80 \cdot G1 + 0.80 \cdot G2 + 1.50 \cdot V H2$ .

**$V_{Ed}$ :** Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \quad 2.156 \quad t$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  **$V_{c,Rd}$**  viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \quad 12.331 \quad t$$

Donde:

**$A_v$ :** Área transversal a cortante.

$$A_v : \quad 8.00 \quad cm^2$$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

<b>h</b> : Canto de la sección.	<b>h</b> :	<u>160.00</u>	mm
<b>t<sub>w</sub></b> : Espesor del alma.	<b>t<sub>w</sub></b> :	<u>5.00</u>	mm
<b>f<sub>yd</sub></b> : Resistencia de cálculo del acero.	<b>f<sub>yd</sub></b> :	<u>2669.77</u>	kp/cm <sup>2</sup>
$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$			
Siendo:			
<b>f<sub>y</sub></b> : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	<b>f<sub>y</sub></b> :	<u>2803.26</u>	kp/cm <sup>2</sup>
<b>γ<sub>M0</sub></b> : Coeficiente parcial de seguridad del material.	<b>γ<sub>M0</sub></b> :	<u>1.05</u>	

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$	<b>29.04</b>	<	<b>64.71</b>
--	--------------	---	--------------

Donde:

<b>λ<sub>w</sub></b> : Esbeltez del alma.	<b>λ<sub>w</sub></b> :	<u>29.04</u>
$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$		
<b>λ<sub>máx</sub></b> : Esbeltez máxima.	<b>λ<sub>máx</sub></b> :	<u>64.71</u>
$\lambda_{max} = 70 \cdot \varepsilon$		
<b>ε</b> : Factor de reducción.	<b>ε</b> :	<u>0.92</u>
$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$		

Siendo:

<b>f<sub>ref</sub></b> : Límite elástico de referencia.	<b>f<sub>ref</sub></b> :	<u>2395.51</u>	kp/cm <sup>2</sup>
<b>f<sub>y</sub></b> : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	<b>f<sub>y</sub></b> :	<u>2803.26</u>	kp/cm <sup>2</sup>

**Resistencia a corte Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V<sub>Ed</sub>** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **V<sub>c,Rd</sub>**.

$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$	<b>2.156 ≤ 6.166</b>
----------------------------------	----------------------

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo 5.236, 5.600, 3.177, para la combinación de acciones 0.80\*G1 + 0.80\*G2 + 1.50\*V H2.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 2.156 t

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$  : 12.331 t

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a flexión y axil combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a torsión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

## Comprobación de flecha

Comprobación de flecha
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones. Porcentajes de aprovechamiento: - Flecha: 73.40 %

Coordenadas del nudo inicial: 5.236, 0.000, 3.177

Coordenadas del nudo final: 5.236, 5.600, 3.177

El aprovechamiento pésimo se produce para la combinación de hipótesis  $1.00 \cdot G1 + 1.00 \cdot G2 + 1.00 \cdot Q + 1.00 \cdot N(EI) + 1.00 \cdot V$  H1 a una distancia 2.800 m del origen en el primer vano de la correa.

( $I_y = 869 \text{ cm}^4$ ) ( $I_z = 68 \text{ cm}^4$ )

Medición de correas			
Tipo de correas	Nº de correas	Peso lineal kg/m	Peso superficial kg/m <sup>2</sup>
Correas de cubierta	5	78.89	13.19



### 3.- ESTRUCTURA.

#### DATOS DE OBRA

##### Normas consideradas

Cimentación: EHE-98-CTE

Hormigón: EHE-98-CTE

Aceros laminados y armados: CTE DB SE-A

**Categoría de uso:** G2. Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento

##### Estados límite

E.L.U. de rotura. Hormigón	CTE
E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones	Control de la ejecución: Normal Cota de nieve: Altitud inferior o igual a 1000 m
E.L.U. de rotura. Acero laminado	CTE Cota de nieve: Altitud inferior o igual a 1000 m
Tensiones sobre el terreno Desplazamientos	Acciones características

##### Situaciones de proyecto

Para las distintas situaciones de proyecto, las combinaciones de acciones se definirán de acuerdo con los siguientes criterios:

##### - Con coeficientes de combinación

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_{Q1} \Psi_{p1} Q_{k1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Qi} \Psi_{ai} Q_{ki}$$

##### - Sin coeficientes de combinación

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} Q_{ki}$$

- Donde:

$G_k$  Acción permanente

$Q_k$  Acción variable

$\gamma_G$  Coeficiente parcial de seguridad de las acciones permanentes

$\gamma_{0,1}$  Coeficiente parcial de seguridad de la acción variable principal

$\gamma_{0,i}$  Coeficiente parcial de seguridad de las acciones variables de acompañamiento

$\Psi_{p,1}$  Coeficiente de combinación de la acción variable principal

$\Psi_{a,i}$  Coeficiente de combinación de las acciones variables de acompañamiento

Para cada situación de proyecto y estado límite los coeficientes a utilizar serán:

##### E.L.U. de rotura. Hormigón: EHE-98-CTE

Persistente o transitoria				
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinación ( $\psi$ )	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\psi_p$ )	Acompañamiento ( $\psi_a$ )
Carga permanente (G)	1.000	1.500	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.600	1.000	0.000

Persistente o transitoria				
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinación ( $\psi$ )	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\psi_p$ )	Acompañamiento ( $\psi_a$ )
Viento (Q)	0.000	1.600	1.000	0.600
Nieve (Q)	0.000	1.600	1.000	0.500

#### E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones: EHE-98-CTE

Persistente o transitoria				
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinación ( $\psi$ )	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\psi_p$ )	Acompañamiento ( $\psi_a$ )
Carga permanente (G)	1.000	1.600	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.600	1.000	0.000
Viento (Q)	0.000	1.600	1.000	0.600
Nieve (Q)	0.000	1.600	1.000	0.500

#### E.L.U. de rotura. Acero laminado: CTE DB SE-A

Persistente o transitoria				
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinación ( $\psi$ )	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\psi_p$ )	Acompañamiento ( $\psi_a$ )
Carga permanente (G)	0.800	1.350	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.500	1.000	0.000
Viento (Q)	0.000	1.500	1.000	0.600
Nieve (Q)	0.000	1.500	1.000	0.500

#### Tensiones sobre el terreno

Acciones variables sin sismo		
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.000	1.000
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000
Viento (Q)	0.000	1.000
Nieve (Q)	0.000	1.000

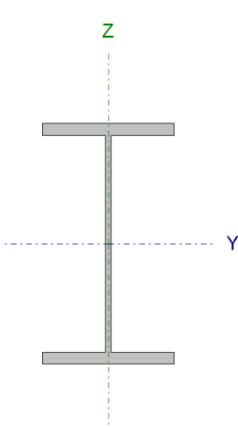
#### Desplazamientos

Acciones variables sin sismo		
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.000	1.000
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000
Viento (Q)	0.000	1.000
Nieve (Q)	0.000	1.000

### 3.1.- Comprobaciones ULE.

#### 3.1.1.- Comprobaciones ULE (Barra dintel este nave nueva):

Barra N14/N15

Perfil: HE 550 B , Simple con cartelas Material: Acero (S275)						
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas <sup>(1)</sup>		
	Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )
	N14	N15	18.809	254.10	136700.00	13080.00
	Notas: <sup>(1)</sup> Las características mecánicas y el dibujo mostrados corresponden a la sección inicial del perfil (N14) <sup>(2)</sup> Inercia respecto al eje indicado <sup>(3)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme					
	Pandeo			Pandeo lateral		
	Plano XY		Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
	β	0.20	1.00	0.10	0.20	
	L <sub>K</sub>	3.762	18.809	1.900	3.762	
	C <sub>m</sub>	1.000	1.000	1.000	1.000	
	C <sub>1</sub>	-			1.000	

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_w$	N <sub>t</sub>	N <sub>c</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>	V <sub>z</sub>	V <sub>y</sub>	M <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>t</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>t</sub> V <sub>y</sub>	
N14/N15	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 18.809 m η = 2.8	x: 0.262 m η = 8.0	x: 0.262 m η = 68.2	x: 18.809 m η < 0.1	x: 0.262 m η = 21.1	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.262 m η = 80.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.262 m η = 13.9	η < 0.1	CUMPLIDO η = 80.1
Notación:																
$\bar{\lambda}$ : Limitación de esbeltez																
$\lambda_w$ : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida																
N <sub>t</sub> : Resistencia a tracción																
N <sub>c</sub> : Resistencia a compresión																
M <sub>y</sub> : Resistencia a flexión eje Y																
M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión eje Z																
V <sub>z</sub> : Resistencia a corte Z																
V <sub>y</sub> : Resistencia a corte Y																
M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados																
M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados																
NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión y axil combinados																
NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados																
M <sub>t</sub> : Resistencia a torsión																
M <sub>t</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados																
M <sub>t</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados																
x: Distancia al origen de la barra																
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)																

#### Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$	$\bar{\lambda}$ :	0.92	✓
---	-------------------	------	---

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**Clase :**

2

**A :**

254.10 cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub> :**

2701.33 kp/cm<sup>2</sup>

**N<sub>cr</sub>**: Axil crítico de pandeo elástico.

**N<sub>cr</sub>** : 816.344 t

El axil crítico de pandeo elástico **N<sub>cr</sub>** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

**N<sub>cr,y</sub>** : 816.344 t

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

**N<sub>cr,z</sub>** : 1952.776 t

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

**N<sub>cr,T</sub>** : 3083.903 t

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[ G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

**I<sub>y</sub>**: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

**I<sub>y</sub>** : 136700.00 cm<sup>4</sup>

**I<sub>z</sub>**: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

**I<sub>z</sub>** : 13080.00 cm<sup>4</sup>

**I<sub>t</sub>**: Momento de inercia a torsión uniforme.

**I<sub>t</sub>** : 600.30 cm<sup>4</sup>

**I<sub>w</sub>**: Constante de alabeo de la sección.

**I<sub>w</sub>** : 8856000.00 cm<sup>6</sup>

**E**: Módulo de elasticidad.

**E** : 2140673 kp/cm<sup>2</sup>

**G**: Módulo de elasticidad transversal.

**G** : 825688 kp/cm<sup>2</sup>

**L<sub>ky</sub>**: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

**L<sub>ky</sub>** : 18.809 m

**L<sub>kz</sub>**: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

**L<sub>kz</sub>** : 3.762 m

**L<sub>kt</sub>**: Longitud efectiva de pandeo por torsión.

**L<sub>kt</sub>** : 3.762 m

**i<sub>0</sub>**: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

**i<sub>0</sub>** : 24.28 cm

$$i_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$$

Siendo:

**i<sub>y</sub>**, **i<sub>z</sub>**: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

**i<sub>y</sub>** : 23.19 cm

**i<sub>z</sub>** : 7.17 cm

**y<sub>0</sub>**, **z<sub>0</sub>**:

**y<sub>0</sub>** : 0.00 mm

Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

$z_0$  :

0.00 mm

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

$$32.80 \leq 218.96$$



Donde:

$h_w$ : Altura del alma.

$t_w$ : Espesor del alma.

$A_w$ : Área del alma.

$A_{fc,ef}$ : Área reducida del ala comprimida.

$k$ : Coeficiente que depende de la clase de la sección.

$E$ : Módulo de elasticidad.

$f_{yf}$ : Límite elástico del acero del ala comprimida.

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

$$h_w : 492.00 \text{ mm}$$

$$t_w : 15.00 \text{ mm}$$

$$A_w : 73.80 \text{ cm}^2$$

$$A_{fc,ef} : 87.00 \text{ cm}^2$$

$$k : 0.30$$

$$E : 2140673 \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yf} : 2701.33 \text{ kp/cm}^2$$

**Resistencia a tracción** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$\eta$  :

$$0.028$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N15, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : 18.547 \text{ t}$$

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{t,Rd} : 653.721 \text{ t}$$

Donde:

$A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : 254.10 \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : 2572.69 \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

### **Resistencia a compresión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.058}$$



$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.080}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.262 m del nudo N14, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q+1.5·luminarias+0.9·V(0°)H4+0.75·N(EI).

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{37.772} \text{ t}$$

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{c,Rd} : \underline{653.721} \text{ t}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{2}$$

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{254.10} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

### **Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$

$$N_{b,Rd} : \underline{472.428} \text{ t}$$

Donde:

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{254.10} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$f_y$  : 2701.33 kp/cm<sup>2</sup>

$\gamma_{M1}$  : 1.05

$\chi_y$  : 0.72

$\chi_z$  : 0.84

$\chi_T$  : 0.90

$\phi_y$  : 1.00

$\phi_z$  : 0.74

$\phi_T$  : 0.66

$\alpha_y$  : 0.21

$\alpha_z$  : 0.34

$\alpha_T$  : 0.34

$\bar{\lambda}_y$  : 0.92

$\bar{\lambda}_z$  : 0.59

$\bar{\lambda}_T$  : 0.47

$N_{cr}$  : 816.344 t

$N_{cr,y}$  : 816.344 t

$N_{cr,z}$  : 1952.776 t

$N_{cr,T}$  : 3083.903 t

### Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.628



$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.682



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.262 m del nudo N14, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.  $M_{Ed}^+$  : 36.899 t·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.262 m del nudo N14, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q+1.5·luminarias+0.9·V(0°)H4+0.75·N(EI).

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.  $M_{Ed}^-$ : 90.343 t·m  
El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd} \quad M_{c,Rd}: 143.839 \text{ t·m}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase:** 1

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.  $W_{pl,y}$ : 5591.00 cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{yd}$ : 2572.69 kp/cm<sup>2</sup>  
 $f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y$ : 2701.33 kp/cm<sup>2</sup>

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{M0}$ : 1.05

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

El momento flector resistente de cálculo  $M_{b,Rd}$  viene dado por:

$$M_{b,Rd}^+ = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y}^+ \cdot f_{yd} \quad M_{b,Rd}^+: 141.460 \text{ t·m}$$

$$M_{b,Rd}^- = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y}^- \cdot f_{yd} \quad M_{b,Rd}^-: 132.454 \text{ t·m}$$

Donde:

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.  $W_{pl,y}$ : 5591.00 cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{yd}$ : 2572.69 kp/cm<sup>2</sup>  
 $f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y$ : 2701.33 kp/cm<sup>2</sup>

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{M1}$ : 1.05

$\chi_{LT}$ : Factor de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} \leq 1 \quad \chi_{LT}^+: 0.98$$

$$\chi_{LT}^-: 0.92$$

Siendo:

$$\Phi_{LT} = 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - 0.2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right] \quad \Phi_{LT}^+: 0.55$$

$$\Phi_{LT}^-: 0.66$$

$\alpha_{LT}$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_{LT}: 0.21$$

$\bar{\lambda}_{LT}$ : Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_{LT}^+ = \sqrt{\frac{W_{pl,y}^+ \cdot f_y}{M_{cr}}} \quad \bar{\lambda}_{LT}^+: 0.27$$

$$\bar{\lambda}_{LT}^-: 0.27$$



$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr}}}$$

$M_{cr}$ : Momento crítico elástico de pandeo lateral.

$$\bar{\lambda}_{LT}^- : 0.51$$

$$M_{cr}^+ : 2009.091 \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{cr}^- : 578.590 \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento crítico elástico de pandeo lateral  $M_{cr}$  se determina según la teoría de la elasticidad:

$$M_{cr} = \sqrt{M_{LTv}^2 + M_{LTw}^2}$$

Siendo:

$M_{LTv}$ : Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$M_{LTv} = C_1 \cdot \frac{\pi}{L_c} \cdot \sqrt{G \cdot I_t \cdot E \cdot I_z}$$

$$M_{LTv}^+ : 615.981 \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{LTv}^- : 311.113 \text{ t}\cdot\text{m}$$

$M_{LTw}$ : Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$M_{LTw} = W_{el,y} \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{L_c^2} \cdot C_1 \cdot i_{f,z}^2$$

$$M_{LTw}^+ : 1912.332 \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{LTw}^- : 487.826 \text{ t}\cdot\text{m}$$

Siendo:

$W_{el,y}$ : Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida.

$$W_{el,y} : 4970.91 \text{ cm}^3$$

$I_z$ : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z : 13080.00 \text{ cm}^4$$

$I_t$ : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : 600.30 \text{ cm}^4$$

$E$ : Módulo de elasticidad.

$$E : 2140673 \text{ kp/cm}^2$$

$G$ : Módulo de elasticidad transversal.

$$G : 825688 \text{ kp/cm}^2$$

$L_c^+$ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior.

$$L_c^+ : 1.900 \text{ m}$$

$L_c^-$ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior.

$$L_c^- : 3.762 \text{ m}$$

$C_1$ : Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra.

$$C_1 : 1.00$$

$i_{f,z}$ : Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida.

$$i_{f,z}^+ : 8.11 \text{ cm}$$

$$i_{f,z}^- : 8.11 \text{ cm}$$

### **Resistencia a flexión eje Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta <$$

$$0.001$$



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N15, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2$ .

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.003} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N15, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$ .

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.003} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{34.500} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,z}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,z} : \underline{1341.00} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

### **Resistencia a corte Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.211}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.262 m del nudo N14, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot Q + 1.5 \cdot \text{luminarias} + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{25.809} \text{ t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{122.541} \text{ t}$$

Donde:

**A<sub>v</sub>**: Área transversal a cortante.

**A<sub>v</sub>** : 82.50 cm<sup>2</sup>

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

**h**: Canto de la sección.

**h** : 550.00 mm

**t<sub>w</sub>**: Espesor del alma.

**t<sub>w</sub>** : 15.00 mm

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

**f<sub>yd</sub>** : 2572.69 kp/cm<sup>2</sup>

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub>** : 2701.33 kp/cm<sup>2</sup>

**γ<sub>M0</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

**γ<sub>M0</sub>** : 1.05

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

**32.80** < **65.92**

Donde:

**λ<sub>w</sub>**: Esbeltez del alma.

**λ<sub>w</sub>** : 32.80

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

**λ<sub>máx</sub>**: Esbeltez máxima.

**λ<sub>máx</sub>** : 65.92

$$\lambda_{max} = 70 \cdot \varepsilon$$

**ε**: Factor de reducción.

**ε** : 0.94

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

**f<sub>ref</sub>**: Límite elástico de referencia.

**f<sub>ref</sub>** : 2395.51 kp/cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub>** : 2701.33 kp/cm<sup>2</sup>

**Resistencia a corte Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

**η** <

**0.001**



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H2.

**V<sub>Ed</sub>**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

**V<sub>Ed</sub>** : 0.000 t

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad V_{c,Rd} : \quad \underline{267.807} \quad t$$

Donde:

$$A_v: \text{Área transversal a cortante.} \quad A_v : \quad \underline{180.30} \quad \text{cm}^2$$

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

$$A: \text{Área de la sección bruta.} \quad A : \quad \underline{254.10} \quad \text{cm}^2$$

$$d: \text{Altura del alma.} \quad d : \quad \underline{492.00} \quad \text{mm}$$

$$t_w: \text{Espesor del alma.} \quad t_w : \quad \underline{15.00} \quad \text{mm}$$

$$f_{yd}: \text{Resistencia de cálculo del acero.} \quad f_{yd} : \quad \underline{2572.69} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$$f_y: \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} \quad f_y : \quad \underline{2701.33} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$\gamma_{M0}: \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} \quad \gamma_{M0} : \quad \underline{1.05}$$

#### **Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad \underline{25.809} \leq \underline{61.270}$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones

$$1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot Q + 1.5 \cdot \text{luminarias} + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI).$$

$$V_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed} : \quad \underline{25.809} \quad t$$

$$V_{c,Rd}: \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} \quad V_{c,Rd} : \quad \underline{122.541} \quad t$$

#### **Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad \underline{0.000} \leq \underline{133.904}$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2$ .

$$V_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed} : \quad \underline{0.000} \quad t$$

$$V_{c,Rd}: \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} \quad V_{c,Rd} : \quad \underline{267.807} \quad t$$

## Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$	$\eta :$	<b>0.686</b> ✓
$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$	$\eta :$	<b>0.801</b> ✓
$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + k_{y,LT} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$	$\eta :$	<b>0.747</b> ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.262 m del nudo N14, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q+1.5·luminarias+0.9·V(0°)H4+0.75·N(EI).

Donde:

**N<sub>c,Ed</sub>**: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{37.772 \text{ t}}$$

**M<sub>y,Ed</sub>, M<sub>z,Ed</sub>**: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed} : \underline{90.343 \text{ t}\cdot\text{m}}$$

$$M_{z,Ed}^+ : \underline{0.001 \text{ t}\cdot\text{m}}$$

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

**N<sub>pl,Rd</sub>**: Resistencia a compresión de la sección bruta.

$$N_{pl,Rd} : \underline{653.721 \text{ t}}$$

**M<sub>pl,Rd,y</sub>, M<sub>pl,Rd,z</sub>**: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{143.839 \text{ t}\cdot\text{m}}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{34.500 \text{ t}\cdot\text{m}}$$

### Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

**A**: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{254.10 \text{ cm}^2}$$

**W<sub>pl,y</sub>, W<sub>pl,z</sub>**: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : \underline{5591.00 \text{ cm}^3}$$

$$W_{pl,z} : \underline{1341.00 \text{ cm}^3}$$

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69 \text{ kp/cm}^2}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33 \text{ kp/cm}^2}$$

**γ<sub>M1</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

**k<sub>y</sub>, k<sub>z</sub>, k<sub>y,LT</sub>**: Coeficientes de interacción.

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_y : \underline{1.06}$$

$$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_z : \underline{1.04}$$

$$k_{y,LT} = 1 - \frac{0.1 \cdot \bar{\lambda}_z}{C_{m,LT} - 0.25} \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_{y,LT} : \underline{0.99}$$

$C_{m,y}$ ,  $C_{m,z}$ ,  $C_{m,LT}$ : Factores de momento flector uniforme equivalente.

$C_{m,y}$ :	<u>1.00</u>
$C_{m,z}$ :	<u>1.00</u>
$C_{m,LT}$ :	<u>1.00</u>

$\chi_y$ ,  $\chi_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$\chi_y$ :	<u>0.72</u>
$\chi_z$ :	<u>0.84</u>

$\chi_{LT}$ : Coeficiente de reducción por pandeo lateral.

$\chi_{LT}$ :	<u>0.92</u>
---------------	-------------

$\bar{\lambda}_y$ ,  $\bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$\bar{\lambda}_y$ :	<u>0.92</u>
---------------------	-------------

$\alpha_y$ ,  $\alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.

$\bar{\lambda}_z$ :	<u>0.59</u>
---------------------	-------------

$\alpha_y$ :	<u>0.60</u>
--------------	-------------

$\alpha_z$ :	<u>0.60</u>
--------------	-------------

### **Resistencia a flexión, axil y cortante combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones

$$1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot Q + 1.5 \cdot \text{luminarias} + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI).$$

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$25.809 \leq 61.269$$

Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{25.809} \text{ t}$$

$V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{122.539} \text{ t}$$

### **Resistencia a torsión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta <$$

$$0.001$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4$ .

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.001} \text{ t} \cdot \text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo  $M_{T,Rd}$  viene dado por:

$$M_{T,Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd}$$

$$M_{T,Rd} : \underline{3.075} \text{ t} \cdot \text{m}$$

Donde:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{207.00} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

### **Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.139} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.262 m del nudo N14, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q+1.5·luminarias+0.9·V(270°)H2+0.75·N(R)2.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{17.084} \text{ t}$$

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.000} \text{ t·m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido  $V_{pl,T,Rd}$  viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{122.539} \text{ t}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{122.541} \text{ t}$$

$\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.07} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{207.00} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

### **Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot Q + 1.5 \cdot \text{luminarias} + 0.9 \cdot V(90^\circ)H_2 + 0.75 \cdot N(R)2$ .

<b>V<sub>Ed</sub></b> : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	<b>V<sub>Ed</sub></b> :	<u>0.000</u>	t
<b>M<sub>T,Ed</sub></b> : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.	<b>M<sub>T,Ed</sub></b> :	<u>0.000</u>	t·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido **V<sub>pl,T,Rd</sub>** viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

<b>V<sub>pl,T,Rd</sub></b> :	<u>267.802</u>	t
------------------------------	----------------	---

Donde:

<b>V<sub>pl,Rd</sub></b> : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	<b>V<sub>pl,Rd</sub></b> :	<u>267.807</u>	t
<b>τ<sub>T,Ed</sub></b> : Tensiones tangenciales por torsión.	<b>τ<sub>T,Ed</sub></b> :	<u>0.07</u>	kp/cm <sup>2</sup>

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

<b>W<sub>T</sub></b> : Módulo de resistencia a torsión.	<b>W<sub>T</sub></b> :	<u>207.00</u>	cm <sup>3</sup>
<b>f<sub>yd</sub></b> : Resistencia de cálculo del acero.	<b>f<sub>yd</sub></b> :	<u>2572.69</u>	kp/cm <sup>2</sup>

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

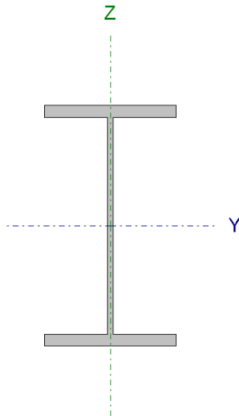
Siendo:

<b>f<sub>y</sub></b> : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	<b>f<sub>y</sub></b> :	<u>2701.33</u>	kp/cm <sup>2</sup>
<b>γ<sub>M0</sub></b> : Coeficiente parcial de seguridad del material.	<b>γ<sub>M0</sub></b> :	<u>1.05</u>	



### 3.1.2.- Comprobaciones ULE (Barra dintel oeste nave nueva):


Barra N12/N15

Perfil: HE 550 B , Simple con cartelas Material: Acero (S275)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas <sup>(1)</sup>			
	Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(2)</sup> (cm4)	I <sub>z</sub> <sup>(2)</sup> (cm4)	I <sub>t</sub> <sup>(3)</sup> (cm4)
	N12	N15	10.982	254.10	136700.00	13080.00	600.30
	Notas: <sup>(1)</sup> Las características mecánicas y el dibujo mostrados corresponden a la sección inicial del perfil (N12) <sup>(2)</sup> Inercia respecto al eje indicado <sup>(3)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme						
		Pandeo		Pandeo lateral			
		Plano XY		Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
		β		0.33	1.00	0.17	0.33
		L <sub>K</sub>		3.624	10.982	1.900	3.624
		C <sub>m</sub>		1.000	1.000	1.000	1.000
		C <sub>1</sub>		-		1.000	
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_w$	$N_t$	$N_c$	$M_y$	$M_z$	$V_z$	$V_y$	$M_y V_z$	$M_z V_y$	$N M_y M_z$	$N M_y M_z V_y V_z$	$M_t$	$M_t V_z$	$M_t V_y$	
N12/N15	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 10.982 m $\eta = 3.1$	x: 0.262 m $\eta = 6.8$	x: 0.262 m $\eta = 73.3$	x: 0.262 m $\eta < 0.1$	x: 0.262 m $\eta = 18.5$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.262 m $\eta = 80.6$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.1$	x: 0.262 m $\eta = 12.9$	$\eta < 0.1$	<b>CUMPLE</b> <b><math>\eta = 80.6</math></b>
Notación: $\bar{\lambda}$ : Limitación de esbeltez $\lambda_w$ : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida $N_t$ : Resistencia a tracción $N_c$ : Resistencia a compresión $M_y$ : Resistencia a flexión eje Y $M_z$ : Resistencia a flexión eje Z $V_z$ : Resistencia a corte Z $V_y$ : Resistencia a corte Y $M_y V_z$ : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados $M_z V_y$ : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados $N M_y M_z$ : Resistencia a flexión y axil combinados $N M_y M_z V_y V_z$ : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados $M_t$ : Resistencia a torsión $M_t V_z$ : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados $M_t V_y$ : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra $\eta$ : Coeficiente de aprovechamiento (%)																

#### Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$	$\bar{\lambda} :$	<b>0.57</b>	
---	-------------------	-------------	---

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico de pandeo elástico.

**Clase :**

2

**A :**

254.10 cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub> :**

2701.33 kp/cm<sup>2</sup>

**N<sub>cr</sub> :**

2104.247 t

El axil crítico de pandeo elástico  $N_{cr}$  es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{2394.889} \quad t$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{2104.247} \quad t$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{3257.887} \quad t$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[ G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

$I_y$ : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

$$I_y : \underline{136700.00} \quad \text{cm}^4$$

$I_z$ : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z : \underline{13080.00} \quad \text{cm}^4$$

$I_t$ : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{600.30} \quad \text{cm}^4$$

$I_w$ : Constante de alabeo de la sección.

$$I_w : \underline{8856000.00} \quad \text{cm}^6$$

$E$ : Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{2140673} \quad \text{kp/cm}^2$$

$G$ : Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{825688} \quad \text{kp/cm}^2$$

$L_{ky}$ : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

$$L_{ky} : \underline{10.982} \quad m$$

$L_{kz}$ : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

$$L_{kz} : \underline{3.624} \quad m$$

$L_{kt}$ : Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$$L_{kt} : \underline{3.624} \quad m$$

$i_0$ : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$$i_0 : \underline{24.28} \quad \text{cm}$$

$$i_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$$

Siendo:

$i_y, i_z$ : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

$$i_y : \underline{23.19} \quad \text{cm}$$

$$i_z : \underline{7.17} \quad \text{cm}$$

$y_0, z_0$ :

$$y_0 : \underline{0.00} \quad \text{mm}$$

Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

$z_0$  :

0.00 mm

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

$$32.80 \leq 218.96$$



Donde:

$h_w$ : Altura del alma.

$t_w$ : Espesor del alma.

$A_w$ : Área del alma.

$A_{fc,ef}$ : Área reducida del ala comprimida.

$k$ : Coeficiente que depende de la clase de la sección.

$E$ : Módulo de elasticidad.

$f_{yf}$ : Límite elástico del acero del ala comprimida.

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

$h_w$  : 492.00 mm

$t_w$  : 15.00 mm

$A_w$  : 73.80 cm<sup>2</sup>

$A_{fc,ef}$  : 87.00 cm<sup>2</sup>

$k$  : 0.30

$E$  : 2140673 kp/cm<sup>2</sup>

$f_{yf}$  : 2701.33 kp/cm<sup>2</sup>

**Resistencia a tracción** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$\eta$  :

$$0.031$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N15, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$N_{t,Ed}$  : 20.332 t

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$N_{t,Rd}$  : 653.721 t

Donde:

$A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$A$  : 254.10 cm<sup>2</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 2572.69 kp/cm<sup>2</sup>

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

### **Resistencia a compresión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.058}$$



$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.068}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.262 m del nudo N12, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q+1.5·luminarias+0.9·V(0°)H4+0.75·N(EI).

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{37.620} \text{ t}$$

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{c,Rd} : \underline{653.721} \text{ t}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{2}$$

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{254.10} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

### **Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$

$$N_{b,Rd} : \underline{556.500} \text{ t}$$

Donde:

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{254.10} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$f_y$  : 2701.33 kp/cm<sup>2</sup>

$\gamma_{M1}$  : 1.05

$\chi_y$  : 0.91

$\chi_z$  : 0.85

$\chi_T$  : 0.90

$\phi_y$  : 0.68

$\phi_z$  : 0.73

$\phi_T$  : 0.65

$\alpha_y$  : 0.21

$\alpha_z$  : 0.34

$\alpha_T$  : 0.34

$\bar{\lambda}_y$  : 0.54

$\bar{\lambda}_z$  : 0.57

$\bar{\lambda}_T$  : 0.46

$N_{cr}$  : 2104.247 t

$N_{cr,y}$  : 2394.889 t

$N_{cr,z}$  : 2104.247 t

$N_{cr,T}$  : 3257.887 t

### Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.678

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.733

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.262 m del nudo N12, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^+$  : 40.379 t

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.262 m del nudo N12, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot Q + 1.5 \cdot \text{luminarias} + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.  $M_{Ed}^-$  : 97.557 t  
El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd} \quad M_{c,Rd} : 143.839 \text{ t}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase :** 1

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.  $W_{pl,y} :$  5591.00 c

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{yd} :$  2572.69 k

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y :$  2701.33 k

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{M0} :$  1.05

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

El momento flector resistente de cálculo  $M_{b,Rd}$  viene dado por:

$$M_{b,Rd}^+ = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y}^+ \cdot f_{yd} \quad M_{b,Rd}^+ : 141.460 \text{ t}$$

$$M_{b,Rd}^- = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y}^- \cdot f_{yd} \quad M_{b,Rd}^- : 133.179 \text{ t}$$

Donde:

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.  $W_{pl,y} :$  5591.00 c

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{yd} :$  2572.69 k

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y :$  2701.33 k

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{M1} :$  1.05

$\chi_{LT}$ : Factor de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} \leq 1 \quad \chi_{LT}^+ : 0.98$$

$$\chi_{LT}^- : 0.93$$

Siendo:

$$\Phi_{LT} = 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - 0.2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right] \quad \Phi_{LT}^+ : 0.55$$

$$\Phi_{LT}^- : 0.65$$

$\alpha_{LT}$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_{LT} : 0.21$$

$\bar{\lambda}_{LT}$ : Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_{LT}^+ = \sqrt{\frac{W_{pl,y}^+ \cdot f_y}{M_{cr}}} \quad \bar{\lambda}_{LT}^+ : 0.27$$

$$\bar{\lambda}_{LT}^- : 0.27$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y}^- \cdot f_y}{M_{cr}}}$$

$M_{cr}$ : Momento crítico elástico de pandeo lateral.

$$\bar{\lambda}_{LT}^- : 0.49$$

$$M_{cr}^+ : 2009.091$$

$$M_{cr}^- : 616.947$$

El momento crítico elástico de pandeo lateral  $M_{cr}$  se determina según la teoría de la elasticidad:

$$M_{cr} = \sqrt{M_{LTv}^2 + M_{LTw}^2}$$

Siendo:

$M_{LTv}$ : Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$M_{LTv} = C_1 \cdot \frac{\pi}{L_c} \cdot \sqrt{G \cdot I_t \cdot E \cdot I_z}$$

$$M_{LTv}^+ : 615.981$$

$$M_{LTv}^- : 322.954$$

$M_{LTw}$ : Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$M_{LTw} = W_{el,y} \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{L_c^2} \cdot C_1 \cdot i_{f,z}^2$$

$$M_{LTw}^+ : 1912.332$$

$$M_{LTw}^- : 525.666$$

Siendo:

$W_{el,y}$ : Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida.

$$W_{el,y} : 4970.91$$

$I_z$ : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z : 13080.00$$

$I_t$ : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : 600.30$$

$E$ : Módulo de elasticidad.

$$E : 2140673$$

$G$ : Módulo de elasticidad transversal.

$$G : 825688$$

$L_c^+$ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior.

$$L_c^+ : 1.900$$

$L_c^-$ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior.

$$L_c^- : 3.624$$

$C_1$ : Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra.

$$C_1 : 1.00$$

$i_{f,z}$ : Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida.

$$i_{f,z}^+ : 8.11$$

$$i_{f,z}^- : 8.11$$

### **Resistencia a flexión eje Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta <$$

$$0.001$$



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.262 m del nudo N12, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.003} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.262 m del nudo N12, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H2.

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.004} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{34.500} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,z}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,z} : \underline{1341.00} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

### **Resistencia a corte Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.185}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.262 m del nudo N12, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q+1.5·luminarias+0.9·V(0°)H4+0.75·N(EI).

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{22.649} \text{ t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:



$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{122.541} \text{ t}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{82.50} \text{ cm}^2$$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

$h$ : Canto de la sección.

$$h : \underline{550.00} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{15.00} \text{ mm}$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

$$32.80 < 65.92$$

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{32.80}$$

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$\lambda_{máx}$ : Esbeltez máxima.

$$\lambda_{máx} : \underline{65.92}$$

$$\lambda_{máx} = 70 \cdot \varepsilon$$

$\varepsilon$ : Factor de reducción.

$$\varepsilon : \underline{0.94}$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{2395.51} \text{ kp/cm}^2$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

**Resistencia a corte Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta <$$

$$0.001$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H2.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.000} \text{ t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{267.807} \text{ t}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{180.30} \text{ cm}^2$$

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{254.10} \text{ cm}^2$$

$d$ : Altura del alma.

$$d : \underline{492.00} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{15.00} \text{ mm}$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

### **Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$22.649 \leq 61.270$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones

$$1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot Q + 1.5 \cdot \text{luminarias} + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI).$$

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{22.649} \text{ t}$$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{122.541} \text{ t}$$

### **Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$0.000 \leq 133.904$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.000} \text{ t}$$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$  : 267.807 t

### **Resistencia a flexión y axil combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$	$\eta$ :	<b>0.732</b> ✓
$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$	$\eta$ :	<b>0.806</b> ✓
$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + k_{y,LT} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$	$\eta$ :	<b>0.792</b> ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.262 m del nudo N12, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q+1.5·luminarias+0.9·V(180°)H4+0.75·N(EI).

Donde:

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$N_{c,Ed}$  : 35.172 t

$M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$M_{y,Ed}$  : 97.557 t·m

$M_{z,Ed}$  : 0.000 t·m

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

**Clase** : 1

$N_{pl,Rd}$ : Resistencia a compresión de la sección bruta.

$N_{pl,Rd}$  : 653.721 t

$M_{pl,Rd,y}$ ,  $M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$M_{pl,Rd,y}$  : 143.839 t·m

$M_{pl,Rd,z}$  : 34.500 t·m

### **Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

**A**: Área de la sección bruta.

**A** : 254.10 cm<sup>2</sup>

$W_{pl,y}$ ,  $W_{pl,z}$ : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$W_{pl,y}$  : 5591.00 cm<sup>3</sup>

$W_{pl,z}$  : 1341.00 cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 2572.69 kp/cm<sup>2</sup>

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 2701.33 kp/cm<sup>2</sup>

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M1}$  : 1.05

$k_y$ ,  $k_z$ ,  $k_{y,LT}$ : Coeficientes de interacción.

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$$

$k_y$  : 1.02

$$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$

$k_z$  : 1.03

$$k_{y,LT} = 1 - \frac{0.1 \cdot \bar{\lambda}_z}{C_{m,LT} - 0.25} \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$

$k_{y,LT}$  : 1.00

$C_{m,y}$ ,  $C_{m,z}$ ,  $C_{m,LT}$ : Factores de momento flector uniforme equivalente.

$C_{m,y}$ :	<u>1.00</u>
$C_{m,z}$ :	<u>1.00</u>
$C_{m,LT}$ :	<u>1.00</u>

$\chi_y$ ,  $\chi_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$\chi_y$ :	<u>0.91</u>
$\chi_z$ :	<u>0.85</u>

$\chi_{LT}$ : Coeficiente de reducción por pandeo lateral.

$\chi_{LT}$ :	<u>0.93</u>
---------------	-------------

$\bar{\lambda}_y$ ,  $\bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$\bar{\lambda}_y$ :	<u>0.54</u>
---------------------	-------------

$\bar{\lambda}_z$ :	<u>0.57</u>
---------------------	-------------

$\alpha_y$ ,  $\alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.

$\alpha_y$ :	<u>0.60</u>
--------------	-------------

$\alpha_z$ :	<u>0.60</u>
--------------	-------------

### **Resistencia a flexión, axil y cortante combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones

$$1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot Q + 1.5 \cdot \text{luminarias} + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI).$$

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$22.649 \leq 61.268$$

Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{22.649 \text{ t}}$$

$V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{122.535 \text{ t}}$$

### **Resistencia a torsión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

$\eta$ :

$$0.001$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.002 \text{ t}\cdot\text{m}}$$

El momento torsor resistente de cálculo  $M_{T,Rd}$  viene dado por:

$$M_{T,Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd}$$

$$M_{T,Rd} : \underline{3.075 \text{ t}\cdot\text{m}}$$

Donde:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{207.00 \text{ cm}^3}$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69 \text{ kp/cm}^2}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

### **Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.129} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.262 m del nudo N12, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q+1.5·luminarias+0.9·V(270°)H2+0.75·N(R)2.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{15.832} \text{ t}$$

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.000} \text{ t·m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido  $V_{pl,T,Rd}$  viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{122.535} \text{ t}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{122.541} \text{ t}$$

$\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.17} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{207.00} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

### **Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo p<sup>és</sup>imos se producen para la combinaci3n de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot Q + 1.5 \cdot \text{luminarias} + 0.9 \cdot V(90^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(R)2$ .

<b>V<sub>Ed</sub></b> : Esfuerzo cortante solicitante de c3lculo p <sup>és</sup> imo.	<b>V<sub>Ed</sub></b> :	<u>0.000</u>	t
<b>M<sub>T,Ed</sub></b> : Momento torsor solicitante de c3lculo p <sup>és</sup> imo.	<b>M<sub>T,Ed</sub></b> :	<u>0.001</u>	t·m

El esfuerzo cortante resistente de c3lculo reducido **V<sub>pl,T,Rd</sub>** viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

<b>V<sub>pl,T,Rd</sub></b> :	<u>267.772</u>	t
------------------------------	----------------	---

Donde:

<b>V<sub>pl,Rd</sub></b> : Esfuerzo cortante resistente de c3lculo.	<b>V<sub>pl,Rd</sub></b> :	<u>267.807</u>	t
<b>τ<sub>T,Ed</sub></b> : Tensiones tangenciales por torsi3n.	<b>τ<sub>T,Ed</sub></b> :	<u>0.49</u>	kp/cm <sup>2</sup>

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

<b>W<sub>T</sub></b> : M3dulo de resistencia a torsi3n.	<b>W<sub>T</sub></b> :	<u>207.00</u>	cm <sup>3</sup>
<b>f<sub>yd</sub></b> : Resistencia de c3lculo del acero.	<b>f<sub>yd</sub></b> :	<u>2572.69</u>	kp/cm <sup>2</sup>

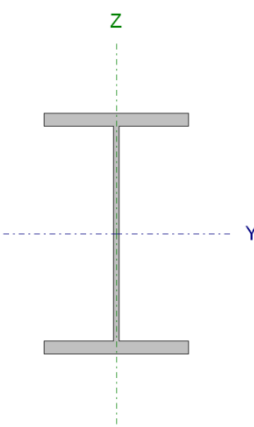
$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

<b>f<sub>y</sub></b> : L3mite el3stico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	<b>f<sub>y</sub></b> :	<u>2701.33</u>	kp/cm <sup>2</sup>
<b>γ<sub>M0</sub></b> : Coeficiente parcial de seguridad del material.	<b>γ<sub>M0</sub></b> :	<u>1.05</u>	

### 3.1.3.- Comprobaciones ULE (Barra pilar este pórtico nave nueva):

Barra N13/N77

Perfil: HE 500 B , Simple con cartelas Material: Acero (S275)						
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas <sup>(1)</sup>		
	Inicial	Final		Área (cm²)	I <sub>y</sub> <sup>(2)</sup> (cm⁴)	I <sub>z</sub> <sup>(2)</sup> (cm⁴)
	N13	N77	4.680	238.60	107200.00	12620.00
	Notas: <sup>(1)</sup> Las características mecánicas y el dibujo mostrados corresponden a la sección inicial del perfil (N13) <sup>(2)</sup> Inercia respecto al eje indicado <sup>(3)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme					
	Pandeo		Pandeo lateral			
	Plano XY		Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
	β	2.17	0.70	0.32	1.00	
	L <sub>K</sub>	10.151	3.276	1.500	4.680	
	C <sub>m</sub>	1.000	1.000	1.000	1.000	
	C <sub>1</sub>	-	-	1.000	-	
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico						

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado
N13/N77	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	x: 4.68 m η = 2.6	x: 0 m η = 20.1	x: 4.68 m η = 77.7	x: 0 m η = 9.6	x: 4.68 m η = 26.6	η = 0.3	η < 0.1	η < 0.1	x: 4.68 m η = 95.1	η < 0.1	η = 0.1	x: 0 m η = 18.0	CUMPLE η = 95.1
Notación: λ̄: Limitación de esbeltez λ <sub>w</sub> : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N <sub>t</sub> : Resistencia a tracción N <sub>c</sub> : Resistencia a compresión M <sub>y</sub> : Resistencia a flexión eje Y M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión eje Z V <sub>z</sub> : Resistencia a corte Z V <sub>y</sub> : Resistencia a corte Y M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión y axil combinados NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M <sub>t</sub> : Resistencia a torsión M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M <sub>y</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%)															

#### Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$	$\bar{\lambda}$ :	1.58	✓
---	-------------------	------	---

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**Clase :**

1

**A :**

238.60 cm²

**f<sub>y</sub> :**

2701.33 kp/cm²

**N<sub>cr</sub>**: Axil crítico de pandeo elástico.

**N<sub>cr</sub>** : 258.761 t

El axil crítico de pandeo elástico **N<sub>cr</sub>** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

**N<sub>cr,y</sub>** : 21103.624 t

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

**N<sub>cr,z</sub>** : 258.761 t

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

**N<sub>cr,T</sub>** : 2233.314 t

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[ G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

**I<sub>y</sub>**: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

**I<sub>y</sub>** : 107200.00 cm<sup>4</sup>

**I<sub>z</sub>**: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

**I<sub>z</sub>** : 12620.00 cm<sup>4</sup>

**I<sub>t</sub>**: Momento de inercia a torsión uniforme.

**I<sub>t</sub>** : 538.40 cm<sup>4</sup>

**I<sub>w</sub>**: Constante de alabeo de la sección.

**I<sub>w</sub>** : 7018000.00 cm<sup>6</sup>

**E**: Módulo de elasticidad.

**E** : 2140673 kp/cm<sup>2</sup>

**G**: Módulo de elasticidad transversal.

**G** : 825688 kp/cm<sup>2</sup>

**L<sub>ky</sub>**: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

**L<sub>ky</sub>** : 3.276 m

**L<sub>kz</sub>**: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

**L<sub>kz</sub>** : 10.151 m

**L<sub>kt</sub>**: Longitud efectiva de pandeo por torsión.

**L<sub>kt</sub>** : 4.680 m

**i<sub>0</sub>**: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

**i<sub>0</sub>** : 22.41 cm

$$i_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$$

Siendo:

**i<sub>y</sub>**, **i<sub>z</sub>**: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

**i<sub>y</sub>** : 21.20 cm

**i<sub>z</sub>** : 7.27 cm

**y<sub>0</sub>**, **z<sub>0</sub>**:

**y<sub>0</sub>** : 0.00 mm



Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

$z_0$  :

0.00 mm

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

$$30.62 \leq 208.13$$



Donde:

$h_w$ : Altura del alma.

$t_w$ : Espesor del alma.

$A_w$ : Área del alma.

$A_{fc,ef}$ : Área reducida del ala comprimida.

$k$ : Coeficiente que depende de la clase de la sección.

$E$ : Módulo de elasticidad.

$f_{yf}$ : Límite elástico del acero del ala comprimida.

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

$$h_w : 444.00 \text{ mm}$$

$$t_w : 14.50 \text{ mm}$$

$$A_w : 64.38 \text{ cm}^2$$

$$A_{fc,ef} : 84.00 \text{ cm}^2$$

$$k : 0.30$$

$$E : 2140673 \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yf} : 2701.33 \text{ kp/cm}^2$$

**Resistencia a tracción** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$\eta$  :

$$0.026$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N77, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : 15.799 \text{ t}$$

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{t,Rd} : 613.844 \text{ t}$$

Donde:

$A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : 238.60 \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : 2572.69 \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

### **Resistencia a compresión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.063}$$



$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.201}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N13, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q+1.5·luminarias+0.9·V(0°)H4+0.75·N(EI).

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{38.945} \text{ t}$$

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{c,Rd} : \underline{613.844} \text{ t}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{238.60} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

### **Resistencia a pandeo**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$

$$N_{b,Rd} : \underline{193.342} \text{ t}$$

Donde:

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{238.60} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 2701.33 kp/cm<sup>2</sup>

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M1}$  : 1.05

$\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

$\chi_y$  : 1.00

$\chi_z$  : 0.31

$\chi_T$  : 0.87

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

$\phi_y$  : 0.51

$\phi_z$  : 1.98

$\phi_T$  : 0.70

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$\alpha_y$  : 0.21

$\alpha_z$  : 0.34

$\alpha_T$  : 0.34

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}_y$  : 0.17

$\bar{\lambda}_z$  : 1.58

$\bar{\lambda}_T$  : 0.54

$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$N_{cr}$  : 258.761 t

$N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,y}$  : 21103.624 t

$N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,z}$  : 258.761 t

$N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$N_{cr,T}$  : 2233.314 t

### **Resistencia a flexión eje Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.692



$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.777



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N77, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.  $M_{Ed}^+$  : 35.156 t·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N77, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot Q + 1.5 \cdot \text{luminarias} + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.  $M_{Ed}^-$ : 85.661 t·m  
El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd} \quad M_{c,Rd}: 123.875 \text{ t·m}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase:** 1

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.  $W_{pl,y}$ : 4815.00 cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{yd}$ : 2572.69 kp/cm<sup>2</sup>

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y$ : 2701.33 kp/cm<sup>2</sup>

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{M0}$ : 1.05

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

El momento flector resistente de cálculo  $M_{b,Rd}$  viene dado por:

$$M_{b,Rd}^+ = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y}^+ \cdot f_{yd} \quad M_{b,Rd}^+: 123.427 \text{ t·m}$$

$$M_{b,Rd}^- = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y}^- \cdot f_{yd} \quad M_{b,Rd}^-: 110.210 \text{ t·m}$$

Donde:

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.  $W_{pl,y}$ : 4815.00 cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{yd}$ : 2572.69 kp/cm<sup>2</sup>

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y$ : 2701.33 kp/cm<sup>2</sup>

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{M1}$ : 1.05

$\chi_{LT}$ : Factor de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} \leq 1 \quad \chi_{LT}^+: 1.00$$

$$\chi_{LT}^-: 0.89$$

Siendo:

$$\Phi_{LT} = 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - 0.2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right] \quad \Phi_{LT}^+: 0.53$$

$$\Phi_{LT}^-: 0.72$$

$\alpha_{LT}$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_{LT}: 0.21$$

$\bar{\lambda}_{LT}$ : Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_{LT}^+ = \sqrt{\frac{W_{pl,y}^+ \cdot f_y}{M_{cr}}} \quad \bar{\lambda}_{LT}^+: 0.22$$

$$\bar{\lambda}_{LT}^-: 0.22$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr}}}$$

$M_{cr}$ : Momento crítico elástico de pandeo lateral.

$$\bar{\lambda}_{LT}^- : 0.60$$

$$M_{cr}^+ : 2775.176 \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{cr}^- : 360.325 \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento crítico elástico de pandeo lateral  $M_{cr}$  se determina según la teoría de la elasticidad:

$$M_{cr} = \sqrt{M_{LTv}^2 + M_{LTw}^2}$$

Siendo:

$M_{LTv}$ : Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$M_{LTv} = C_1 \cdot \frac{\pi}{L_c} \cdot \sqrt{G \cdot I_t \cdot E \cdot I_z}$$

$$M_{LTv}^+ : 725.812 \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{LTv}^- : 232.632 \text{ t}\cdot\text{m}$$

$M_{LTw}$ : Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$M_{LTw} = W_{el,y} \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{L_c^2} \cdot C_1 \cdot i_{f,z}^2$$

$$M_{LTw}^+ : 2678.582 \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{LTw}^- : 275.167 \text{ t}\cdot\text{m}$$

Siendo:

$W_{el,y}$ : Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida.

$$W_{el,y} : 4288.00 \text{ cm}^3$$

$I_z$ : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z : 12620.00 \text{ cm}^4$$

$I_t$ : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : 538.40 \text{ cm}^4$$

$E$ : Módulo de elasticidad.

$$E : 2140673 \text{ kp/cm}^2$$

$G$ : Módulo de elasticidad transversal.

$$G : 825688 \text{ kp/cm}^2$$

$L_c^+$ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior.

$$L_c^+ : 1.500 \text{ m}$$

$L_c^-$ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior.

$$L_c^- : 4.680 \text{ m}$$

$C_1$ : Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra.

$$C_1 : 1.00$$

$i_{f,z}$ : Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida.

$$i_{f,z}^+ : 8.16 \text{ cm}$$

$$i_{f,z}^- : 8.16 \text{ cm}$$

### **Resistencia a flexión eje Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$\eta :$

**0.096**



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N13, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(R)2$ .

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{3.192} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N13, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(R)1$ .

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{2.518} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{33.239} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,z}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,z} : \underline{1292.00} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

### **Resistencia a corte Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.266}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N77, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot Q + 1.5 \cdot \text{luminarias} + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{28.646} \text{ t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{107.687} \text{ t}$$

Donde:

**A<sub>v</sub>**: Área transversal a cortante.

**A<sub>v</sub>** : 72.50 cm<sup>2</sup>

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

**h**: Canto de la sección.

**h** : 500.00 mm

**t<sub>w</sub>**: Espesor del alma.

**t<sub>w</sub>** : 14.50 mm

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

**f<sub>yd</sub>** : 2572.69 kp/cm<sup>2</sup>

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub>** : 2701.33 kp/cm<sup>2</sup>

**γ<sub>M0</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

**γ<sub>M0</sub>** : 1.05

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$	<b>30.62</b>	<	<b>65.92</b>
--	--------------	---	--------------

Donde:

**λ<sub>w</sub>**: Esbeltez del alma.

**λ<sub>w</sub>** : 30.62

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

**λ<sub>máx</sub>**: Esbeltez máxima.

**λ<sub>máx</sub>** : 65.92

$$\lambda_{max} = 70 \cdot \varepsilon$$

**ε**: Factor de reducción.

**ε** : 0.94

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

**f<sub>ref</sub>**: Límite elástico de referencia.

**f<sub>ref</sub>** : 2395.51 kp/cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub>** : 2701.33 kp/cm<sup>2</sup>

**Resistencia a corte Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$	<b>η</b> :	<u>0.003</u>	✓
---	------------	--------------	---

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H2+0.75·N(R)2.

**V<sub>Ed</sub>**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

**V<sub>Ed</sub>** : 0.806 t

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad V_{c,Rd} : \quad \underline{258.777} \quad t$$

Donde:

$$A_v: \text{Área transversal a cortante.} \quad A_v : \quad \underline{174.22} \quad \text{cm}^2$$

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

$$A: \text{Área de la sección bruta.} \quad A : \quad \underline{238.60} \quad \text{cm}^2$$

$$d: \text{Altura del alma.} \quad d : \quad \underline{444.00} \quad \text{mm}$$

$$t_w: \text{Espesor del alma.} \quad t_w : \quad \underline{14.50} \quad \text{mm}$$

$$f_{yd}: \text{Resistencia de cálculo del acero.} \quad f_{yd} : \quad \underline{2572.69} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$$f_y: \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} \quad f_y : \quad \underline{2701.33} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$\gamma_{M0}: \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} \quad \gamma_{M0} : \quad \underline{1.05}$$

#### **Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad \underline{27.082} \leq \underline{53.844}$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones

$$1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot Q + 1.5 \cdot \text{luminarias} + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI).$$

$$V_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed} : \quad \underline{27.082} \quad t$$

$$V_{c,Rd}: \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} \quad V_{c,Rd} : \quad \underline{107.687} \quad t$$

#### **Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad \underline{0.806} \leq \underline{129.388}$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(R)2$ .

$$V_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed} : \quad \underline{0.806} \quad t$$

$$V_{c,Rd}: \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} \quad V_{c,Rd} : \quad \underline{258.777} \quad t$$



## Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$	$\eta :$	<b>0.753</b> ✓
$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$	$\eta :$	<b>0.838</b> ✓
$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + k_{y,LT} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$	$\eta :$	<b>0.951</b> ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N77, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q+1.5·luminarias+0.9·V(0°)H4+0.75·N(EI).

Donde:

**N<sub>c,Ed</sub>**: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

**M<sub>y,Ed</sub>, M<sub>z,Ed</sub>**: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

**N<sub>pl,Rd</sub>**: Resistencia a compresión de la sección bruta.

**M<sub>pl,Rd,y</sub>, M<sub>pl,Rd,z</sub>**: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

<b>N<sub>c,Ed</sub></b> :	<u>37.286</u> t
<b>M<sub>y,Ed</sub></b> :	<u>85.661</u> t·m
<b>M<sub>z,Ed</sub></b> :	<u>0.018</u> t·m
<b>Clase</b> :	<u>1</u>

<b>N<sub>pl,Rd</sub></b> :	<u>613.844</u> t
<b>M<sub>pl,Rd,y</sub></b> :	<u>123.875</u> t·m
<b>M<sub>pl,Rd,z</sub></b> :	<u>33.239</u> t·m

## Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

**A**: Área de la sección bruta.

**W<sub>pl,y</sub>, W<sub>pl,z</sub>**: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**γ<sub>M1</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

**k<sub>y</sub>, k<sub>z</sub>, k<sub>y,LT</sub>**: Coeficientes de interacción.

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_{y,LT} = 1 - \frac{0.1 \cdot \bar{\lambda}_z}{C_{m,LT} - 0.25} \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$

<b>A</b> :	<u>238.60</u> cm <sup>2</sup>
<b>W<sub>pl,y</sub></b> :	<u>4815.00</u> cm <sup>3</sup>
<b>W<sub>pl,z</sub></b> :	<u>1292.00</u> cm <sup>3</sup>
<b>f<sub>yd</sub></b> :	<u>2572.69</u> kp/cm <sup>2</sup>

<b>f<sub>y</sub></b> :	<u>2701.33</u> kp/cm <sup>2</sup>
<b>γ<sub>M1</sub></b> :	<u>1.05</u>

<b>k<sub>y</sub></b> :	<u>1.00</u>
------------------------	-------------

<b>k<sub>z</sub></b> :	<u>1.27</u>
------------------------	-------------

<b>k<sub>y,LT</sub></b> :	<u>0.97</u>
---------------------------	-------------

$C_{m,y}$ ,  $C_{m,z}$ ,  $C_{m,LT}$ : Factores de momento flector uniforme equivalente.

$C_{m,y}$ :	<u>1.00</u>
$C_{m,z}$ :	<u>1.00</u>
$C_{m,LT}$ :	<u>1.00</u>

$\chi_y$ ,  $\chi_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$\chi_y$ :	<u>1.00</u>
$\chi_z$ :	<u>0.31</u>

$\chi_{LT}$ : Coeficiente de reducción por pandeo lateral.

$\chi_{LT}$ :	<u>0.89</u>
---------------	-------------

$\bar{\lambda}_y$ ,  $\bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$\bar{\lambda}_y$ :	<u>0.17</u>
---------------------	-------------

$\alpha_y$ ,  $\alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.

$\bar{\lambda}_z$ :	<u>1.58</u>
---------------------	-------------

$\alpha_y$ :	<u>0.60</u>
--------------	-------------

$\alpha_z$ :	<u>0.60</u>
--------------	-------------

### **Resistencia a flexión, axil y cortante combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones

$$1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot Q + 1.5 \cdot \text{luminarias} + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI).$$

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$27.082 \leq 53.841$$

Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{27.082 \text{ t}}$$

$V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{107.681 \text{ t}}$$

### **Resistencia a torsión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

$\eta$ :

$$0.001$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.002 \text{ t}\cdot\text{m}}$$

El momento torsor resistente de cálculo  $M_{T,Rd}$  viene dado por:

$$M_{T,Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd}$$

$$M_{T,Rd} : \underline{2.856 \text{ t}\cdot\text{m}}$$

Donde:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{192.29 \text{ cm}^3}$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69 \text{ kp/cm}^2}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

### **Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.180}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N13, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q+1.5·luminarias+0.9·V(270°)H2+0.75·N(R)2.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{19.433} \text{ t}$$

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.000} \text{ t·m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido  $V_{pl,T,Rd}$  viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{107.681} \text{ t}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{107.687} \text{ t}$$

$\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.21} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{192.29} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

### **Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta < \underline{0.001}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo p<sub>ésimos</sub> se producen para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot Q + 1.5 \cdot \text{luminarias} + 0.9 \cdot V(270^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(R)2$ .

**V<sub>Ed</sub>**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo p<sub>ésimo</sub>.

$$\mathbf{V_{Ed}} : \quad \underline{0.112} \quad \text{t}$$

**M<sub>T,Ed</sub>**: Momento torsor solicitante de cálculo p<sub>ésimo</sub>.

$$\mathbf{M_{T,Ed}} : \quad \underline{0.000} \quad \text{t} \cdot \text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido **V<sub>pl,T,Rd</sub>** viene dado por:

$$\mathbf{V_{pl,T,Rd}} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$\mathbf{V_{pl,T,Rd}} : \quad \underline{258.762} \quad \text{t}$$

Donde:

**V<sub>pl,Rd</sub>**: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$\mathbf{V_{pl,Rd}} : \quad \underline{258.777} \quad \text{t}$$

**τ<sub>T,Ed</sub>**: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\mathbf{\tau_{T,Ed}} : \quad \underline{0.21} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

**W<sub>T</sub>**: Módulo de resistencia a torsión.

$$\mathbf{W_T} : \quad \underline{192.29} \quad \text{cm}^3$$

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f_{yd}} : \quad \underline{2572.69} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

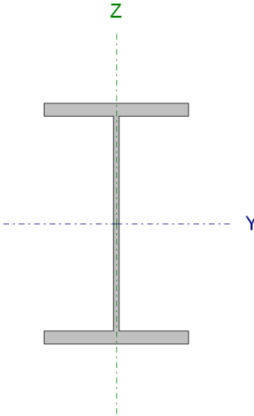
$$\mathbf{f_y} : \quad \underline{2701.33} \quad \text{kp/cm}^2$$

**γ<sub>M0</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\mathbf{\gamma_{M0}} : \quad \underline{1.05}$$

### 3.1.4.- Comprobaciones ULE (Barra pilar oeste pórtico nave nueva):

Barra N11/N12

Perfil: HE 500 B , Simple con cartelas (Cartela final superior: 0.73 m.) Material: Acero (S275)						
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas <sup>(1)</sup>		
	Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )
	N11	N12	7.347	238.60	107200.00	12620.00
	Notas: <sup>(1)</sup> Las características mecánicas y el dibujo mostrados corresponden a la sección inicial del perfil (N11) <sup>(2)</sup> Inercia respecto al eje indicado <sup>(3)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme					
	Pandeo			Pandeo lateral		
	Plano XY			Ala sup.	Ala inf.	
	β	1.00	2.00	1.00	0.20	
	L <sub>K</sub>	7.347	14.694	7.347	1.500	
	C <sub>m</sub>	1.000	1.000	1.000	1.000	
	C <sub>1</sub>	-	-	1.000	-	
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico						

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
N11/N12	x: 7.059 m λ̄ < 2.0 Cumple	x: 7.059 m λ̄ <sub>w</sub> ≤ λ̄ <sub>w,max</sub> Cumple	x: 6.354 m η = 2.8	x: 6.354 m η = 12.3	x: 6.352 m η = 78.7	x: 0 m η = 5.4	x: 6.352 m η = 26.3	x: 0 m η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 88.3	η < 0.1	x: 6.354 m η = 2.2	x: 0 m η = 18.5	x: 0 m η < 0.1	<b>CUMPLE η = 88.3</b>
Notación: λ̄: Limitación de esbeltez λ̄ <sub>w</sub> : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N <sub>t</sub> : Resistencia a tracción N <sub>c</sub> : Resistencia a compresión M <sub>y</sub> : Resistencia a flexión eje Y M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión eje Z V <sub>y</sub> : Resistencia a corte Y V <sub>z</sub> : Resistencia a corte Z M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión y axil combinados NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M <sub>t</sub> : Resistencia a torsión M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%)																

#### Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$  :

**1.18**



Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**Clase :**

1

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A :**

384.43 cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub> :**

2701.33 kp/cm<sup>2</sup>

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico de pandeo elástico.

**N<sub>cr</sub> :**

740.968 t

El axil crítico de pandeo elástico  $N_{cr}$  es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,y} :$  4446.626 t

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,z} :$  740.968 t

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$N_{cr,T} :$  1398.167 t

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[ G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

$I_y$ : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

$I_y :$  454423.37 cm<sup>4</sup>

$I_z$ : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$I_z :$  18930.83 cm<sup>4</sup>

$I_t$ : Momento de inercia a torsión uniforme.

$I_t :$  801.25 cm<sup>4</sup>

$I_w$ : Constante de alabeo de la sección.

$I_w :$  27082127.67 cm<sup>6</sup>

$E$ : Módulo de elasticidad.

$E :$  2140673 kp/cm<sup>2</sup>

$G$ : Módulo de elasticidad transversal.

$G :$  825688 kp/cm<sup>2</sup>

$L_{ky}$ : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

$L_{ky} :$  14.694 m

$L_{kz}$ : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

$L_{kz} :$  7.347 m

$L_{kt}$ : Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$L_{kt} :$  7.347 m

$i_0$ : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$i_0 :$  35.09 cm

$$i_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$$

Siendo:

$i_y, i_z$ : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

$i_y :$  34.38 cm

$i_z :$  7.02 cm

$y_0, z_0$ :

$y_0 :$  0.00 mm

Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

$z_0$  :

0.00 mm

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

$$61.96 \leq 296.05$$



Donde:

$h_w$ : Altura del alma.

$t_w$ : Espesor del alma.

$A_w$ : Área del alma.

$A_{fc,ef}$ : Área reducida del ala comprimida.

$k$ : Coeficiente que depende de la clase de la sección.

$E$ : Módulo de elasticidad.

$f_{yf}$ : Límite elástico del acero del ala comprimida.

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

$$h_w : 898.39 \text{ mm}$$

$$t_w : 14.50 \text{ mm}$$

$$A_w : 130.27 \text{ cm}^2$$

$$A_{fc,ef} : 84.00 \text{ cm}^2$$

$$k : 0.30$$

$$E : 2140673 \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yf} : 2701.33 \text{ kp/cm}^2$$

**Resistencia a tracción** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$\eta$  :

$$0.028$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 6.354 m del nudo N11, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : 16.941 \text{ t}$$

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{t,Rd} : 613.844 \text{ t}$$

Donde:

$A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : 238.60 \text{ cm}^2$$

$$f_{yd} : \text{Resistencia de cálculo del acero.} \quad f_{yd} : \quad \underline{2572.69} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$$f_y : \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} \quad f_y : \quad \underline{2701.33} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$\gamma_{M0} : \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} \quad \gamma_{M0} : \quad \underline{1.05}$$

### **Resistencia a compresión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \quad \underline{0.063} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \quad \underline{0.123} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 6.354 m del nudo N11, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot Q + 1.5 \cdot \text{luminarias} + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

$$N_{c,Ed} : \text{Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.} \quad N_{c,Ed} : \quad \underline{38.543} \quad \text{t}$$

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd} \quad N_{c,Rd} : \quad \underline{613.844} \quad \text{t}$$

Donde:

$$\text{Clase : Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.} \quad \text{Clase :} \quad \underline{1}$$

$$A : \text{Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.} \quad A : \quad \underline{238.60} \quad \text{cm}^2$$

$$f_{yd} : \text{Resistencia de cálculo del acero.} \quad f_{yd} : \quad \underline{2572.69} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$$f_y : \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} \quad f_y : \quad \underline{2701.33} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$\gamma_{M0} : \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} \quad \gamma_{M0} : \quad \underline{1.05}$$

### **Resistencia a pandeo** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd} \quad N_{b,Rd} : \quad \underline{313.310} \quad \text{t}$$

Donde:

$$A : \text{Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.} \quad A : \quad \underline{238.60} \quad \text{cm}^2$$

$$f_{yd} : \text{Resistencia de cálculo del acero.} \quad f_{yd} : \quad \underline{2572.69} \quad \text{kp/cm}^2$$



$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$f_y$  : 2701.33 kp/cm<sup>2</sup>

$\gamma_{M1}$  : 1.05

$\chi_y$  : 0.80

$\chi_z$  : 0.51

$\chi_T$  : 0.80

$\phi_y$  : 0.87

$\phi_z$  : 1.31

$\phi_T$  : 0.81

$\alpha_y$  : 0.21

$\alpha_z$  : 0.34

$\alpha_T$  : 0.34

$\bar{\lambda}_y$  : 0.78

$\bar{\lambda}_z$  : 1.14

$\bar{\lambda}_T$  : 0.67

$N_{cr}$  : 493.957 t

$N_{cr,y}$  : 1048.974 t

$N_{cr,z}$  : 493.957 t

$N_{cr,T}$  : 1432.239 t

### Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.609

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.787

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 6.352 m del nudo N11, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q+1.5·luminarias+0.9·V(180°)H4+0.75·N(EI).

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.  $M_{Ed}^+$  : 75.424 t

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 6.352 m del nudo N11, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.  $M_{Ed}^-$  : 27.754 t  
El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd} \quad M_{c,Rd} : 123.875 \text{ t}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase :** 1

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.  $W_{pl,y} :$  4815.00 c

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{yd} :$  2572.69 k

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y :$  2701.33 k

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{M0} :$  1.05

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

El momento flector resistente de cálculo  $M_{b,Rd}$  viene dado por:

$$M_{b,Rd}^+ = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y}^+ \cdot f_{yd} \quad M_{b,Rd}^+ : 95.845 \text{ t}$$

$$M_{b,Rd}^- = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y}^- \cdot f_{yd} \quad M_{b,Rd}^- : 123.427 \text{ t}$$

Donde:

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.  $W_{pl,y} :$  4815.00 c

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{yd} :$  2572.69 k

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y :$  2701.33 k

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{M1} :$  1.05

$\chi_{LT}$ : Factor de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} \leq 1 \quad \chi_{LT}^+ : 0.77$$

$$\chi_{LT}^- : 1.00$$

Siendo:

$$\Phi_{LT} = 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - 0.2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right] \quad \Phi_{LT}^+ : 0.92$$

$$\Phi_{LT}^- : 0.53$$

$\alpha_{LT}$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_{LT} : 0.21$$

$\bar{\lambda}_{LT}$ : Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_{LT}^+ = \sqrt{\frac{W_{pl,y}^+ \cdot f_y}{M_{cr}}} \quad \bar{\lambda}_{LT}^+ : 0.84$$

$$\bar{\lambda}_{LT}^- : 0.84$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr}}}$$

$M_{cr}$ : Momento crítico elástico de pandeo lateral.

$$\bar{\lambda}_{LT}^- : 0.22$$

$$M_{cr}^+ : 185.540$$

$$M_{cr}^- : 2775.176$$

El momento crítico elástico de pandeo lateral  $M_{cr}$  se determina según la teoría de la elasticidad:

$$M_{cr} = \sqrt{M_{LTv}^2 + M_{LTw}^2}$$

Siendo:

$M_{LTv}$ : Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$M_{LTv} = C_1 \cdot \frac{\pi}{L_c} \cdot \sqrt{G \cdot I_t \cdot E \cdot I_z}$$

$$M_{LTv}^+ : 148.185$$

$$M_{LTv}^- : 725.812$$

$M_{LTw}$ : Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$M_{LTw} = W_{el,y} \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{L_c^2} \cdot C_1 \cdot i_{f,z}^2$$

$$M_{LTw}^+ : 111.652$$

$$M_{LTw}^- : 2678.582$$

Siendo:

$W_{el,y}$ : Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida.

$$W_{el,y} : 4288.00$$

$I_z$ : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z : 12620.00$$

$I_t$ : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : 538.40$$

$E$ : Módulo de elasticidad.

$$E : 2140673$$

$G$ : Módulo de elasticidad transversal.

$$G : 825688$$

$L_c^+$ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior.

$$L_c^+ : 7.347$$

$L_c^-$ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior.

$$L_c^- : 1.500$$

$C_1$ : Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra.

$$C_1 : 1.00$$

$i_{f,z}$ : Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida.

$$i_{f,z}^+ : 8.16$$

$$i_{f,z}^- : 8.16$$

### **Resistencia a flexión eje Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$\eta :$

0.054



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N11, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{1.804} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N11, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$ .

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{1.560} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{33.239} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,z}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,z} : \underline{1292.00} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

### **Resistencia a corte Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.263}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 6.352 m del nudo N11, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot Q + 1.5 \cdot \text{luminarias} + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{28.310} \text{ t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{107.687} \text{ t}$$

Donde:

**A<sub>v</sub>**: Área transversal a cortante.

**A<sub>v</sub>** : 72.50 cm<sup>2</sup>

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

**h**: Canto de la sección.

**h** : 500.00 mm

**t<sub>w</sub>**: Espesor del alma.

**t<sub>w</sub>** : 14.50 mm

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

**f<sub>yd</sub>** : 2572.69 kp/cm<sup>2</sup>

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub>** : 2701.33 kp/cm<sup>2</sup>

**γ<sub>M0</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

**γ<sub>M0</sub>** : 1.05

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

**30.62** < **65.92**

Donde:

**λ<sub>w</sub>**: Esbeltez del alma.

**λ<sub>w</sub>** : 30.62

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

**λ<sub>máx</sub>**: Esbeltez máxima.

**λ<sub>máx</sub>** : 65.92

$$\lambda_{max} = 70 \cdot \varepsilon$$

**ε**: Factor de reducción.

**ε** : 0.94

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

**f<sub>ref</sub>**: Límite elástico de referencia.

**f<sub>ref</sub>** : 2395.51 kp/cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub>** : 2701.33 kp/cm<sup>2</sup>

**Resistencia a corte Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

**η** :

**0.001**



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N11, para la combinación de acciones

$$1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(EI).$$

**V<sub>Ed</sub>**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

**V<sub>Ed</sub>** : 0.246 t

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad V_{c,Rd} : \quad \underline{258.777} \quad t$$

Donde:

$$A_v: \text{Área transversal a cortante.} \quad A_v : \quad \underline{174.22} \quad \text{cm}^2$$

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

$$A: \text{Área de la sección bruta.} \quad A : \quad \underline{238.60} \quad \text{cm}^2$$

$$d: \text{Altura del alma.} \quad d : \quad \underline{444.00} \quad \text{mm}$$

$$t_w: \text{Espesor del alma.} \quad t_w : \quad \underline{14.50} \quad \text{mm}$$

$$f_{yd}: \text{Resistencia de cálculo del acero.} \quad f_{yd} : \quad \underline{2572.69} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$$f_y: \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} \quad f_y : \quad \underline{2701.33} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$\gamma_{M0}: \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} \quad \gamma_{M0} : \quad \underline{1.05}$$

#### **Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad \underline{26.636 \leq 53.844}$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones

$$1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot Q + 1.5 \cdot \text{luminarias} + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI).$$

$$V_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed} : \quad \underline{26.636} \quad t$$

$$V_{c,Rd}: \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} \quad V_{c,Rd} : \quad \underline{107.687} \quad t$$

#### **Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad \underline{0.246 \leq 129.388}$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

$$V_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed} : \quad \underline{0.246} \quad t$$

$$V_{c,Rd}: \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} \quad V_{c,Rd} : \quad \underline{258.777} \quad t$$

## Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$	$\eta :$	<b>0.840</b> ✓
$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$	$\eta :$	<b>0.883</b> ✓
$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + k_{y,LT} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$	$\eta :$	<b>0.881</b> ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N11, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q+1.5·luminarias+0.9·V(180°)H4+0.75·N(EI).

Donde:

**N<sub>c,Ed</sub>**: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.  
**M<sub>y,Ed</sub>, M<sub>z,Ed</sub>**: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

**N<sub>pl,Rd</sub>**: Resistencia a compresión de la sección bruta.

**M<sub>pl,Rd,y</sub>, M<sub>pl,Rd,z</sub>**: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

### Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

**A**: Área de la sección bruta.

**W<sub>pl,y</sub>, W<sub>pl,z</sub>**: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**γ<sub>M1</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

**k<sub>y</sub>, k<sub>z</sub>, k<sub>y,LT</sub>**: Coeficientes de interacción.

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_{y,LT} = 1 - \frac{0.1 \cdot \bar{\lambda}_z}{C_{m,LT} - 0.25} \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$

**C<sub>m,y</sub>, C<sub>m,z</sub>, C<sub>m,LT</sub>**: Factores de momento flector uniforme equivalente.

<b>N<sub>c,Ed</sub></b> :	<u>33.050</u> t
<b>M<sub>y,Ed</sub></b> :	<u>96.929</u> t·m
<b>M<sub>z,Ed</sub></b> :	<u>0.131</u> t·m
<b>Clase</b> :	<u>1</u>

<b>N<sub>pl,Rd</sub></b> :	<u>613.844</u> t
<b>M<sub>pl,Rd,y</sub></b> :	<u>123.875</u> t·m
<b>M<sub>pl,Rd,z</sub></b> :	<u>33.239</u> t·m

<b>A</b> :	<u>238.60</u> cm <sup>2</sup>
<b>W<sub>pl,y</sub></b> :	<u>4815.00</u> cm <sup>3</sup>
<b>W<sub>pl,z</sub></b> :	<u>1292.00</u> cm <sup>3</sup>
<b>f<sub>yd</sub></b> :	<u>2572.69</u> kp/cm <sup>2</sup>

<b>f<sub>y</sub></b> :	<u>2701.33</u> kp/cm <sup>2</sup>
<b>γ<sub>M1</sub></b> :	<u>1.05</u>

<b>k<sub>y</sub></b> :	<u>1.04</u>
------------------------	-------------

<b>k<sub>z</sub></b> :	<u>1.15</u>
------------------------	-------------

<b>k<sub>y,LT</sub></b> :	<u>0.99</u>
---------------------------	-------------

<b>C<sub>m,y</sub></b> :	<u>1.00</u>
<b>C<sub>m,z</sub></b> :	<u>1.00</u>

	$C_{m,LT}$ :	<u>1.00</u>
$\chi_y, \chi_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	$\chi_y$ :	<u>0.80</u>
	$\chi_z$ :	<u>0.51</u>
$\chi_{LT}$ : Coeficiente de reducción por pandeo lateral.	$\chi_{LT}$ :	<u>1.00</u>
$\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.	$\bar{\lambda}_y$ :	<u>0.78</u>
	$\bar{\lambda}_z$ :	<u>1.14</u>
$\alpha_y, \alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.	$\alpha_y$ :	<u>0.60</u>
	$\alpha_z$ :	<u>0.60</u>

### **Resistencia a flexión, axil y cortante combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones

$$1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot Q + 1.5 \cdot \text{luminarias} + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI).$$

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2} \quad 26.636 \leq 53.834$$

Donde:

$$V_{Ed,z} : \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed,z} : \underline{26.636 \text{ t}}$$

$$V_{c,Rd,z} : \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} \quad V_{c,Rd,z} : \underline{107.668 \text{ t}}$$

### **Resistencia a torsión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.022} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 6.354 m del nudo N11, para la combinación de acciones

$$1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(EI).$$

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.064 \text{ t}\cdot\text{m}}$$

El momento torsor resistente de cálculo  $M_{T,Rd}$  viene dado por:

$$M_{T,Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd} \quad M_{T,Rd} : \underline{2.856 \text{ t}\cdot\text{m}}$$

Donde:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{192.29 \text{ cm}^3}$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69 \text{ kp/cm}^2}$$



$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

### **Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.185} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N11, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot Q + 1.5 \cdot \text{luminarias} + 0.9 \cdot V(270^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(R)2$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{19.874} \text{ t}$$

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.001} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido  $V_{pl,T,Rd}$  viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{107.668} \text{ t}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{107.687} \text{ t}$$

$\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.66} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{192.29} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

### **Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo p<sub>simos</sub> se producen en el nudo N11, para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot Q + 1.5 \cdot \text{luminarias} + 0.9 \cdot V(270^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(R)2$ .

**V<sub>Ed</sub>**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo p<sub>simos</sub>.

$$\mathbf{V_{Ed}} : \quad \underline{0.057} \quad \text{t}$$

**M<sub>T,Ed</sub>**: Momento torsor solicitante de cálculo p<sub>simos</sub>.

$$\mathbf{M_{T,Ed}} : \quad \underline{0.001} \quad \text{t} \cdot \text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido **V<sub>pl,T,Rd</sub>** viene dado por:

$$\mathbf{V_{pl,T,Rd}} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$\mathbf{V_{pl,T,Rd}} : \quad \underline{258.730} \quad \text{t}$$

Donde:

**V<sub>pl,Rd</sub>**: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$\mathbf{V_{pl,Rd}} : \quad \underline{258.777} \quad \text{t}$$

**τ<sub>T,Ed</sub>**: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\mathbf{\tau_{T,Ed}} : \quad \underline{0.66} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

**W<sub>T</sub>**: Módulo de resistencia a torsión.

$$\mathbf{W_T} : \quad \underline{192.29} \quad \text{cm}^3$$

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f_{yd}} : \quad \underline{2572.69} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\mathbf{f_y} : \quad \underline{2701.33} \quad \text{kp/cm}^2$$

**γ<sub>M0</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\mathbf{\gamma_{M0}} : \quad \underline{1.05}$$



$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$ : 2803.26 kp/cm<sup>2</sup>

$N_{cr}$ : Axil crítico de pandeo elástico.

$N_{cr}$ :  $\infty$

### **Resistencia a tracción** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$\eta$  :

**0.941**



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(90°)H2+0.75·N(EI).

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$N_{t,Ed}$ : 14.290 t

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$N_{t,Rd}$ : 15.191 t

Donde:

$A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$A$ : 5.69 cm<sup>2</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$ : 2669.77 kp/cm<sup>2</sup>

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$ : 2803.26 kp/cm<sup>2</sup>

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M0}$ : 1.05

### **Resistencia a compresión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

### **Resistencia a flexión eje Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

### **Resistencia a flexión eje Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

### **Resistencia a corte Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Resistencia a corte Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a flexión y axil combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a torsión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

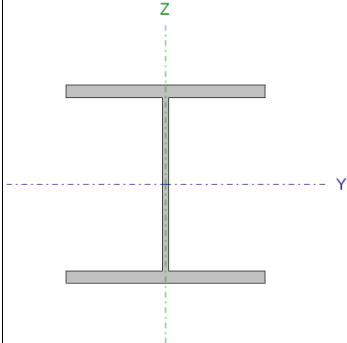
No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

### 3.1.6.- Comprobaciones ULE (Barra pilar piñón sur):

Barra N32/N72

Perfil: HE 260 B							
Material: Acero (S275)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )
	N32	N72	5.000	118.40	14920.00	5135.00	123.80
	Notas:						
	<sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado						
	<sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme						
		Pandeo		Pandeo lateral			
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
	β	1.47	0.70	0.00	0.00		
	L <sub>K</sub>	7.370	3.500	0.000	0.000		
C <sub>m</sub>	1.000	1.000	1.000	1.000			
C <sub>1</sub>	-		1.000				
Notación:							
β: Coeficiente de pandeo							
L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m)							
C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos							
C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_w$	N <sub>t</sub>	N <sub>c</sub>	M <sub>Y</sub>	M <sub>Z</sub>	V <sub>Z</sub>	V <sub>Y</sub>	M <sub>Y</sub> V <sub>Z</sub>	M <sub>Z</sub> V <sub>Y</sub>	NM <sub>Y</sub> M <sub>Z</sub>	NM <sub>Y</sub> M <sub>Z</sub> V <sub>Y</sub> V <sub>Z</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>t</sub> V <sub>Z</sub>		M <sub>t</sub> V <sub>Y</sub>
N32/N72	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	x: 5 m η = 1.5	x: 0 m η = 12.9	x: 0 m η = 76.1	x: 0 m η = 5.6	x: 0 m η = 28.0	η = 0.2	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 77.7	η < 0.1	M <sub>Ed</sub> = 0,00 N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> η = 77.7
Notación: $\bar{\lambda}$ : Limitación de esbeltez $\lambda_w$ : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N <sub>t</sub> : Resistencia a tracción N <sub>c</sub> : Resistencia a compresión M <sub>Y</sub> : Resistencia a flexión eje Y M <sub>Z</sub> : Resistencia a flexión eje Z V <sub>Z</sub> : Resistencia a corte Z V <sub>Y</sub> : Resistencia a corte Y M <sub>Y</sub> V <sub>Z</sub> : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M <sub>Z</sub> V <sub>Y</sub> : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM <sub>Y</sub> M <sub>Z</sub> : Resistencia a flexión y axil combinados NM <sub>Y</sub> M <sub>Z</sub> V <sub>Y</sub> V <sub>Z</sub> : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M <sub>t</sub> : Resistencia a torsión M <sub>t</sub> V <sub>Z</sub> : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M <sub>t</sub> V <sub>Y</sub> : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede																
Comprobaciones que no proceden (N.P.): <sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. <sup>(2)</sup> No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.																

#### Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$  :

**1.27**



Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**Clase :**

1

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A :**

118.40 cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub> :**

2701.33 kp/cm<sup>2</sup>

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico de pandeo elástico.

**N<sub>cr</sub> :**

199.736 t

El axil crítico de pandeo elástico  $N_{cr}$  es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{2573.255} \quad t$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{199.736} \quad t$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[ G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

$I_y$ : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

$$I_y : \underline{14920.00} \quad \text{cm}^4$$

$I_z$ : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z : \underline{5135.00} \quad \text{cm}^4$$

$I_t$ : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{123.80} \quad \text{cm}^4$$

$I_w$ : Constante de alabeo de la sección.

$$I_w : \underline{753700.00} \quad \text{cm}^6$$

$E$ : Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{2140673} \quad \text{kp/cm}^2$$

$G$ : Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{825688} \quad \text{kp/cm}^2$$

$L_{ky}$ : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

$$L_{ky} : \underline{3.500} \quad \text{m}$$

$L_{kz}$ : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

$$L_{kz} : \underline{7.370} \quad \text{m}$$

$L_{kt}$ : Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$$L_{kt} : \underline{0.000} \quad \text{m}$$

$i_0$ : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$$i_0 : \underline{13.01} \quad \text{cm}$$

$$i_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$$

Siendo:

$i_y, i_z$ : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

$$i_y : \underline{11.23} \quad \text{cm}$$

$$i_z : \underline{6.59} \quad \text{cm}$$

$y_0, z_0$ :

$$y_0 : \underline{0.00} \quad \text{mm}$$

Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

$z_0$  :

0.00 mm

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

$$22.50 \leq 167.18$$



Donde:

$h_w$ : Altura del alma.

$t_w$ : Espesor del alma.

$A_w$ : Área del alma.

$A_{fc,ef}$ : Área reducida del ala comprimida.

$k$ : Coeficiente que depende de la clase de la sección.

$E$ : Módulo de elasticidad.

$f_{yf}$ : Límite elástico del acero del ala comprimida.

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

$$h_w : 225.00 \text{ mm}$$

$$t_w : 10.00 \text{ mm}$$

$$A_w : 22.50 \text{ cm}^2$$

$$A_{fc,ef} : 45.50 \text{ cm}^2$$

$$k : 0.30$$

$$E : 2140673 \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yf} : 2701.33 \text{ kp/cm}^2$$

**Resistencia a tracción** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$\eta$  :

$$0.015$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N72, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H2.

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : 4.456 \text{ t}$$

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{t,Rd} : 304.607 \text{ t}$$

Donde:

$A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : 118.40 \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : 2572.69 \text{ kp/cm}^2$$



$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

### **Resistencia a compresión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.052}$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.129}$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N32, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q+1.5·luminarias+0.9·V(180°)H3+0.75·N(EI).

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.  $N_{c,Ed} :$

$$\underline{15.877} \text{ t}$$

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{c,Rd} : \underline{304.607} \text{ t}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** :

$$\underline{1}$$

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** :

$$\underline{118.40} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{yd} :$

$$\underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{M0} :$

$$\underline{1.05}$$

### **Resistencia a pandeo** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$

$$N_{b,Rd} : \underline{122.981} \text{ t}$$

Donde:

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** :

$$\underline{118.40} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{yd} :$

$$\underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$


Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	$f_y$ :	2701.33	kp
$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.	$\gamma_{M1}$ :	1.05	
$\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.	$\chi_y$ :	0.94	
$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$	$\chi_z$ :	0.40	
Siendo:	$\phi_y$ :	0.59	
$\Phi = 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$	$\phi_z$ :	1.56	
$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.	$\alpha_y$ :	0.34	
$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.	$\alpha_z$ :	0.49	
$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$	$\bar{\lambda}_y$ :	0.35	
$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:	$\bar{\lambda}_z$ :	1.27	
$N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.	$N_{cr}$ :	199.736	t
$N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.	$N_{cr,y}$ :	2573.255	t
$N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.	$N_{cr,z}$ :	199.736	t
	$N_{cr,T}$ :	$\infty$	

### **Resistencia a flexión eje Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$\eta$  : **0.761** 

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N32, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H2+0.75·N(EI).

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : 25.103 \text{ t·m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N32, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1.

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : 24.634 \text{ t·m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{33.008} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

**$W_{pl,y}$ :** Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{1283.00} \text{ cm}^3$$

**$f_{yd}$ :** Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

**$f_y$ :** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

**$\gamma_{M0}$ :** Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

### **Resistencia a flexión eje Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.056} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N32, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

**$M_{Ed}^+$ :** Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.478} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N32, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H4+0.75·N(R)1.

**$M_{Ed}^-$ :** Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.860} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  **$M_{c,Rd}$**  viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{15.493} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

**$W_{pl,z}$** : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

**$f_{yd}$** : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

**$f_y$** : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**$\gamma_{M0}$** : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$W_{pl,z} : \quad \underline{602.20} \quad \text{cm}^3$$

$$f_{yd} : \quad \underline{2572.69} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$f_y : \quad \underline{2701.33} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$\gamma_{M0} : \quad \underline{1.05}$$

### **Resistencia a corte Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \quad \underline{0.280}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N32, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1.

**$V_{Ed}$** : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \quad \underline{10.817} \quad \text{t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  **$V_{c,Rd}$**  viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \quad \underline{38.619} \quad \text{t}$$

Donde:

**$A_v$** : Área transversal a cortante.

$$A_v : \quad \underline{26.00} \quad \text{cm}^2$$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

**$h$** : Canto de la sección.

$$h : \quad \underline{260.00} \quad \text{mm}$$

**$t_w$** : Espesor del alma.

$$t_w : \quad \underline{10.00} \quad \text{mm}$$

**$f_{yd}$** : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \quad \underline{2572.69} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

**$f_y$** : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \quad \underline{2701.33} \quad \text{kp/cm}^2$$

**$\gamma_{M0}$** : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \quad \underline{1.05}$$

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$	22.50	<	65.92
--	-------	---	-------

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.  $\lambda_w$  : 22.50

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.  $\lambda_{m\acute{a}x}$  : 65.92

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 70 \cdot \varepsilon$$

$\varepsilon$ : Factor de reducción.  $\varepsilon$  : 0.94

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.  $f_{ref}$  : 2395.51 kp/cm<sup>2</sup>

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y$  : 2701.33 kp/cm<sup>2</sup>

**Resistencia a corte Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$	$\eta$ :	0.002	✓
---	----------	-------	---

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H4+0.75·N(R)1.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  $V_{Ed}$  : 0.257 t

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$V_{c,Rd}$  : 142.444 t

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.  $A_v$  : 95.90 cm<sup>2</sup>

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.  $A$  : 118.40 cm<sup>2</sup>

$d$ : Altura del alma.  $d$  : 225.00 mm

$t_w$ : Espesor del alma.  $t_w$  : 10.00 mm

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{yd}$  : 2572.69 kp/cm<sup>2</sup>

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

### **Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$10.817 \leq 19.309$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{10.817} \text{ t}$$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{38.619} \text{ t}$$

### **Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$0.257 \leq 71.222$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H4+0.75·N(R)1.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.257} \text{ t}$$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{142.444} \text{ t}$$

### **Resistencia a flexión y axil combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.772} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.777} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \quad 0.526 \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo p<sub>ésimos</sub> se producen en el nudo N32, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H1.

Donde:

**N<sub>c,Ed</sub>**: Axil de compresión solicitante de cálculo p<sub>ésimo</sub>.

$$N_{c,Ed} : \quad 9.575 \quad t$$

**M<sub>y,Ed</sub>, M<sub>z,Ed</sub>**: Momentos flectores solicitantes de cálculo p<sub>ésimos</sub>, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed} : \quad 24.357 \quad t \cdot m$$

$$M_{z,Ed} : \quad 0.044 \quad t \cdot m$$

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$Clase : \quad 1$$

**N<sub>pl,Rd</sub>**: Resistencia a compresión de la sección bruta.

$$N_{pl,Rd} : \quad 304.607 \quad t$$

**M<sub>pl,Rd,y</sub>, M<sub>pl,Rd,z</sub>**: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \quad 33.008 \quad t \cdot m$$

$$M_{pl,Rd,z} : \quad 15.493 \quad t \cdot m$$

**Resistencia a pandeo**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

**A**: Área de la sección bruta.

$$A : \quad 118.40 \quad cm^2$$

**W<sub>pl,y</sub>, W<sub>pl,z</sub>**: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : \quad 1283.00 \quad cm^3$$

$$W_{pl,z} : \quad 602.20 \quad cm^3$$

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \quad 2572.69 \quad kp/cm^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \quad 2701.33 \quad kp/cm^2$$

**γ<sub>M1</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \quad 1.05$$

**k<sub>y</sub>, k<sub>z</sub>**: Coeficientes de interacción.

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_y : \quad 1.01$$

$$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_z : \quad 1.11$$

**C<sub>m,y</sub>, C<sub>m,z</sub>**: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : \quad 1.00$$

$$C_{m,z} : \quad 1.00$$

**χ<sub>y</sub>, χ<sub>z</sub>**: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : \quad 0.94$$

$$\chi_z : \quad 0.40$$

**λ<sub>y</sub>, λ<sub>z</sub>**: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \quad 0.35$$

$$\bar{\lambda}_z : \quad 1.27$$

**α<sub>y</sub>, α<sub>z</sub>**: Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\alpha_y : \quad 0.60$$

$$\alpha_z : \quad 0.60$$

### **Resistencia a flexión, axil y cortante combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H1$ .

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$10.817 \leq 19.309$$

Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \frac{10.817}{t}$$

$V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \frac{38.619}{t}$$

### **Resistencia a torsión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

### **Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

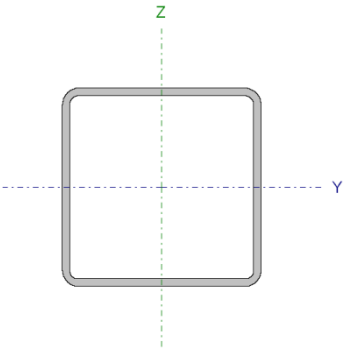
### **Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.



### 3.1.7.- Comprobaciones ULE (Barra viga de atado nave nueva):

Barra N22/N27

Perfil: SHS 120x5.0 Material: Acero (S275)						
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas		
	Inicial	Final		Área (cm²)	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm⁴)	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm⁴)
	N22	N27	6.400	22.34	484.16	484.16
	Notas: <sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado <sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme					
	Pandeo		Pandeo lateral			
	Plano XY		Plano XZ		Ala sup.	Ala inf.
	β	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00
	L <sub>K</sub>	6.400	6.400	0.000	0.000	0.000
	C <sub>m</sub>	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	C <sub>1</sub>	-		1.000		

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_w$	N <sub>t</sub>	N <sub>c</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>	V <sub>z</sub>	V <sub>y</sub>	M <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>t</sub> V <sub>z</sub>		M <sub>t</sub> V <sub>y</sub>
N22/N27	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.4 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	$\eta = 2.1$	$\eta = 63.3$	x: 3.2 m $\eta = 4.6$	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.4$	V <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0.4 m $\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 3.2 m $\eta = 69.0$	x: 0.4 m $\eta < 0.1$	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> <b><math>\eta = 69.0</math></b>
Notación: $\bar{\lambda}$ : Limitación de esbeltez $\lambda_w$ : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N <sub>t</sub> : Resistencia a tracción N <sub>c</sub> : Resistencia a compresión M <sub>y</sub> : Resistencia a flexión eje Y M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión eje Z V <sub>z</sub> : Resistencia a corte Z V <sub>y</sub> : Resistencia a corte Y M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión y axil combinados NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M <sub>t</sub> : Resistencia a torsión M <sub>t</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M <sub>t</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra $\eta$ : Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede																
Comprobaciones que no proceden (N.P.): <sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. <sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. <sup>(3)</sup> No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. <sup>(4)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. <sup>(5)</sup> No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.																

#### Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} \quad \bar{\lambda} : \quad 1.58 \quad \checkmark$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**Clase :** 1

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A :** 22.34 cm²

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**N<sub>cr</sub>**: Axil crítico de pandeo elástico.

El axil crítico de pandeo elástico **N<sub>cr</sub>** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[ G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

**I<sub>y</sub>**: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

**I<sub>z</sub>**: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

**I<sub>t</sub>**: Momento de inercia a torsión uniforme.

**I<sub>w</sub>**: Constante de alabeo de la sección.

**E**: Módulo de elasticidad.

**G**: Módulo de elasticidad transversal.

**L<sub>ky</sub>**: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

**L<sub>kz</sub>**: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

**L<sub>kt</sub>**: Longitud efectiva de pandeo por torsión.

**i<sub>0</sub>**: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$$i_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$$

Siendo:

**i<sub>y</sub>, i<sub>z</sub>**: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

**y<sub>0</sub>, z<sub>0</sub>**:

**f<sub>y</sub>**:

**N<sub>cr</sub>**:

**N<sub>cr,y</sub>**:

**N<sub>cr,z</sub>**:

**N<sub>cr,T</sub>**:

**I<sub>y</sub>**:

**I<sub>z</sub>**:

**I<sub>t</sub>**:

**I<sub>w</sub>**:

**E**:

**G**:

**L<sub>ky</sub>**:

**L<sub>kz</sub>**:

**L<sub>kt</sub>**:

**i<sub>0</sub>**:

**i<sub>y</sub>**:

**i<sub>z</sub>**:

**y<sub>0</sub>**:

2803.26

24.974

24.974

24.974

∞

484.16

484.16

778.02

0.00

2140673

825688

6.400

6.400

0.000

6.58

4.66

4.66

0.00

kp/cm<sup>2</sup>

t

t

t

cm<sup>4</sup>

cm<sup>4</sup>

cm<sup>4</sup>

cm<sup>6</sup>

kp/cm<sup>2</sup>

kp/cm<sup>2</sup>

m

m

m

cm

cm

cm

mm

Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

$z_0$  :

0.00 mm

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

$$22.00 \leq 310.19$$



Donde:

$h_w$ : Altura del alma.

$t_w$ : Espesor del alma.

$A_w$ : Área del alma.

$A_{fc,ef}$ : Área reducida del ala comprimida.

$k$ : Coeficiente que depende de la clase de la sección.

$E$ : Módulo de elasticidad.

$f_{yf}$ : Límite elástico del acero del ala comprimida.

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

$$h_w : \frac{110.00}{mm}$$

$$t_w : \frac{5.00}{mm}$$

$$A_w : \frac{11.00}{cm^2}$$

$$A_{fc,ef} : \frac{6.00}{cm^2}$$

$$k : \frac{0.30}{}$$

$$E : \frac{2140673}{kp/cm^2}$$

$$f_{yf} : \frac{2803.26}{kp/cm^2}$$

**Resistencia a tracción** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$\eta$  :

$$0.021$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \frac{1.260}{t}$$

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{t,Rd} : \frac{59.646}{t}$$

Donde:

$A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \frac{22.34}{cm^2}$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \frac{2669.77}{kp/cm^2}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

### **Resistencia a compresión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.183}$$



$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.633}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(270^\circ)H2$ .

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{10.916} \text{ t}$$

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{c,Rd} : \underline{59.646} \text{ t}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{22.34} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

### **Resistencia a pandeo**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$

$$N_{b,Rd} : \underline{17.233} \text{ t}$$

Donde:

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{22.34} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$f_y : \quad 2803.26 \quad \text{kp/cm}^2$$

$$\gamma_{M1} : \quad 1.05$$

$$\chi_y : \quad 0.29$$

$$\chi_z : \quad 0.29$$

$$\phi_y : \quad 2.09$$

$$\phi_z : \quad 2.09$$

$$\alpha_y : \quad 0.49$$

$$\alpha_z : \quad 0.49$$

$$\bar{\lambda}_y : \quad 1.58$$

$$\bar{\lambda}_z : \quad 1.58$$

$$N_{cr} : \quad 24.974 \quad \text{t}$$

$$N_{cr,y} : \quad 24.974 \quad \text{t}$$

$$N_{cr,z} : \quad 24.974 \quad \text{t}$$

$$N_{cr,T} : \quad \infty$$

### **Resistencia a flexión eje Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$\eta :$

**0.046**



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 3.200 m del nudo N22, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \quad 0.121 \quad \text{t·m}$$

Para flexión negativa:

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \quad 0.000 \quad \text{t·m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd} \quad M_{c,Rd} : \quad 2.650 \quad t \cdot m$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$Clase : \quad 1$$

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \quad 99.25 \quad cm^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \quad 2669.77 \quad kp/cm^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \quad 2803.26 \quad kp/cm^2$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \quad 1.05$$

### **Resistencia a flexión eje Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

### **Resistencia a corte Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \quad 0.004 \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N22, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \quad 0.076 \quad t$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad V_{c,Rd} : \quad 16.955 \quad t$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \quad 11.00 \quad cm^2$$

$$A_v = 2 \cdot d \cdot t_w$$

Siendo:

$d$ : Altura del alma.

$$d : \quad 110.00 \quad mm$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \quad 5.00 \quad mm$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$	<b>22.00</b>	<	<b>64.71</b>
--	--------------	---	--------------

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 70 \cdot \varepsilon$$

$\varepsilon$ : Factor de reducción.

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\lambda_w : \underline{22.00}$$

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{64.71}$$

$$\varepsilon : \underline{0.92}$$

$$f_{ref} : \underline{2395.51} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

**Resistencia a corte Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$	<b>0.066 ≤ 8.478</b>
----------------------------------	----------------------

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.400 m del nudo N22, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.066} \text{ t}$$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{16.955} \text{ t}$$

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a flexión y axil combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta : \quad \underline{0.225} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \quad \underline{0.690} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \quad \underline{0.662} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 3.200 m del nudo N22, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H2.

Donde:

**N<sub>c,Ed</sub>**: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

**M<sub>y,Ed</sub>, M<sub>z,Ed</sub>**: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

**N<sub>pl,Rd</sub>**: Resistencia a compresión de la sección bruta.

**M<sub>pl,Rd,y</sub>, M<sub>pl,Rd,z</sub>**: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

**A**: Área de la sección bruta.

**W<sub>pl,y</sub>, W<sub>pl,z</sub>**: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**γ<sub>M1</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

**k<sub>y</sub>, k<sub>z</sub>**: Coeficientes de interacción.

$$N_{c,Ed} : \quad \underline{10.706} \quad t$$

$$M_{y,Ed}^+ : \quad \underline{0.121} \quad t \cdot m$$

$$M_{z,Ed}^+ : \quad \underline{0.000} \quad t \cdot m$$

$$Clase : \quad \underline{1}$$

$$N_{pl,Rd} : \quad \underline{59.646} \quad t$$

$$M_{pl,Rd,y} : \quad \underline{2.650} \quad t \cdot m$$

$$M_{pl,Rd,z} : \quad \underline{2.650} \quad t \cdot m$$

$$A : \quad \underline{22.34} \quad cm^2$$

$$W_{pl,y} : \quad \underline{99.25} \quad cm^3$$

$$W_{pl,z} : \quad \underline{99.25} \quad cm^3$$

$$f_{yd} : \quad \underline{2669.77} \quad kp/cm^2$$

$$f_y : \quad \underline{2803.26} \quad kp/cm^2$$

$$\gamma_{M1} : \quad \underline{1.05}$$



$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$	$k_y :$	<u>1.50</u>
$k_z = 1 + (\bar{\lambda}_z - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$	$k_z :$	<u>1.50</u>
$C_{m,y}, C_{m,z}$ : Factores de momento flector uniforme equivalente.	$C_{m,y} :$	<u>1.00</u>
	$C_{m,z} :$	<u>1.00</u>
$\chi_y, \chi_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	$\chi_y :$	<u>0.29</u>
	$\chi_z :$	<u>0.29</u>
$\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.	$\bar{\lambda}_y :$	<u>1.58</u>
	$\bar{\lambda}_z :$	<u>1.58</u>
$\alpha_y, \alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.	$\alpha_y :$	<u>0.60</u>
	$\alpha_z :$	<u>0.60</u>

### **Resistencia a flexión, axil y cortante combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.400 m del nudo N22, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2} \quad \mathbf{0.066 \leq 8.478}$$

Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	$V_{Ed,z} :$	<u>0.066</u> t
$V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	$V_{c,Rd,z} :$	<u>16.955</u> t

### **Resistencia a torsión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

### **Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

### **Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

### 3.1.8.- Comprobaciones ULE (Barra viga puerta nave nueva):

Barra N76/N77

Perfil: HE 160 B Material: Acero (S275)						
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas		
	Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )
	N76	N77	6.400	54.30	2492.00	889.20
	Notas: <sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado <sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme					
	Pandeo		Pandeo lateral			
	Plano XY		Plano XZ		Ala sup.	Ala inf.
	β	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00
	L <sub>K</sub>	6.400	6.400	0.000	0.000	0.000
	C <sub>m</sub>	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	C <sub>1</sub>	-		1.000		

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_{wv}$	N <sub>t</sub>	N <sub>c</sub>	M <sub>Y</sub>	M <sub>Z</sub>	V <sub>Z</sub>	V <sub>Y</sub>	M <sub>Y</sub> V <sub>Z</sub>	M <sub>Z</sub> V <sub>Y</sub>	NM <sub>Y</sub> M <sub>Z</sub>	NM <sub>Y</sub> M <sub>Z</sub> V <sub>Y</sub> V <sub>Z</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>t</sub> V <sub>Z</sub>	M <sub>t</sub> V <sub>Y</sub>	
N76/N77	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.4 m $\lambda_{wv} \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	$\eta = 7.2$	$\eta = 24.0$	x: 6.4 m $\eta = 8.6$	x: 6.4 m $\eta = 0.5$	x: 6.4 m $\eta = 3.2$	$\eta < 0.1$	x: 0.4 m $\eta < 0.1$	x: 0.4 m $\eta < 0.1$	x: 6.4 m $\eta = 30.2$	x: 0.4 m $\eta < 0.1$	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> <b><math>\eta = 30.2</math></b>
<div>Notación:</div> <div><math>\bar{\lambda}</math>: Limitación de esbeltez</div> <div><math>\lambda_w</math>: Abolladura del alma inducida por el ala comprimida</div> <div>N<sub>t</sub>: Resistencia a tracción</div> <div>N<sub>c</sub>: Resistencia a compresión</div> <div>M<sub>Y</sub>: Resistencia a flexión eje Y</div> <div>M<sub>Z</sub>: Resistencia a flexión eje Z</div> <div>V<sub>Z</sub>: Resistencia a corte Z</div> <div>V<sub>Y</sub>: Resistencia a corte Y</div> <div>M<sub>Y</sub>V<sub>Z</sub>: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados</div> <div>M<sub>Z</sub>V<sub>Y</sub>: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados</div> <div>NM<sub>Y</sub>M<sub>Z</sub>: Resistencia a flexión y axil combinados</div> <div>NM<sub>Y</sub>M<sub>Z</sub>V<sub>Y</sub>V<sub>Z</sub>: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados</div> <div>M<sub>t</sub>: Resistencia a torsión</div> <div>M<sub>t</sub>V<sub>Z</sub>: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados</div> <div>M<sub>t</sub>V<sub>Y</sub>: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados</div> <div>x: Distancia al origen de la barra</div> <div><math>\eta</math>: Coeficiente de aprovechamiento (%)</div> <div>N.P.: No procede</div>																
<div>Comprobaciones que no proceden (N.P.):</div> <div><sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.</div> <div><sup>(2)</sup> No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.</div>																

#### Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda} : 1.82$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**Clase :**

1

**A :**

54.30 cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub> :**

2803.26 kp/cm<sup>2</sup>

**N<sub>cr</sub>**: Axil crítico de pandeo elástico.

**N<sub>cr</sub>** : 45.866 t

El axil crítico de pandeo elástico **N<sub>cr</sub>** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

**N<sub>cr,y</sub>** : 128.540 t

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

**N<sub>cr,z</sub>** : 45.866 t

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

**N<sub>cr,T</sub>** : ∞

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[ G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

**I<sub>y</sub>**: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

**I<sub>y</sub>** : 2492.00 cm<sup>4</sup>

**I<sub>z</sub>**: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

**I<sub>z</sub>** : 889.20 cm<sup>4</sup>

**I<sub>t</sub>**: Momento de inercia a torsión uniforme.

**I<sub>t</sub>** : 31.24 cm<sup>4</sup>

**I<sub>w</sub>**: Constante de alabeo de la sección.

**I<sub>w</sub>** : 47940.00 cm<sup>6</sup>

**E**: Módulo de elasticidad.

**E** : 2140673 kp/cm<sup>2</sup>

**G**: Módulo de elasticidad transversal.

**G** : 825688 kp/cm<sup>2</sup>

**L<sub>ky</sub>**: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

**L<sub>ky</sub>** : 6.400 m

**L<sub>kz</sub>**: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

**L<sub>kz</sub>** : 6.400 m

**L<sub>kt</sub>**: Longitud efectiva de pandeo por torsión.

**L<sub>kt</sub>** : 0.000 m

**i<sub>0</sub>**: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

**i<sub>0</sub>** : 7.89 cm

$$i_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$$

Siendo:

**i<sub>y</sub>**, **i<sub>z</sub>**: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

**i<sub>y</sub>** : 6.77 cm

**i<sub>z</sub>** : 4.05 cm

**y<sub>0</sub>**, **z<sub>0</sub>**:

**y<sub>0</sub>** : 0.00 mm

Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

$z_0$  :

0.00 mm

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

$$16.75 \leq 164.47$$



Donde:

$h_w$ : Altura del alma.

$t_w$ : Espesor del alma.

$A_w$ : Área del alma.

$A_{fc,ef}$ : Área reducida del ala comprimida.

$k$ : Coeficiente que depende de la clase de la sección.

$E$ : Módulo de elasticidad.

$f_{yf}$ : Límite elástico del acero del ala comprimida.

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

$$h_w : 134.00 \text{ mm}$$

$$t_w : 8.00 \text{ mm}$$

$$A_w : 10.72 \text{ cm}^2$$

$$A_{fc,ef} : 20.80 \text{ cm}^2$$

$$k : 0.30$$

$$E : 2140673 \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yf} : 2803.26 \text{ kp/cm}^2$$

**Resistencia a tracción** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$\eta$  :

$$0.072$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H1$ .

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : 10.474 \text{ t}$$

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{t,Rd} : 144.969 \text{ t}$$

Donde:

$A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : 54.30 \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : 2669.77 \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

### **Resistencia a compresión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.055}$$



$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.240}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(R)1$ .

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{7.996} \text{ t}$$

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{c,Rd} : \underline{144.969} \text{ t}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{54.30} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

### **Resistencia a pandeo**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$

$$N_{b,Rd} : \underline{33.322} \text{ t}$$

Donde:

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{54.30} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$f_y : \quad 2803.26 \quad \text{kp/cm}^2$$

$$\gamma_{M1} : \quad 1.05$$

$$\chi_y : \quad 0.54$$

$$\chi_z : \quad 0.23$$

$$\phi_y : \quad 1.24$$

$$\phi_z : \quad 2.56$$

$$\alpha_y : \quad 0.34$$

$$\alpha_z : \quad 0.49$$

$$\bar{\lambda}_y : \quad 1.09$$

$$\bar{\lambda}_z : \quad 1.82$$

$$N_{cr} : \quad 45.866 \quad \text{t}$$

$$N_{cr,y} : \quad 128.540 \quad \text{t}$$

$$N_{cr,z} : \quad 45.866 \quad \text{t}$$

$$N_{cr,T} : \quad \infty$$

### **Resistencia a flexión eje Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \quad 0.086$$



Para flexión positiva:

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \quad 0.000 \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N77, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(90°)H2.

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \quad 0.809 \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd} :$	<u>9.451</u>	t·m
--------------	--------------	-----

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$Clase :$	<u>1</u>	
-----------	----------	--

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$W_{pl,y} :$	<u>354.00</u>	cm <sup>3</sup>
--------------	---------------	-----------------

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd} :$	<u>2669.77</u>	kp/cm <sup>2</sup>
------------	----------------	--------------------

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y :$	<u>2803.26</u>	kp/cm <sup>2</sup>
---------	----------------	--------------------

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M0} :$	<u>1.05</u>	
-----------------	-------------	--

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

### **Resistencia a flexión eje Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$\eta :$

**0.005**



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N77, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(R)1$ .

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^+ :$	<u>0.021</u>	t·m
--------------	--------------	-----

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N77, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$ .

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^- :$	<u>0.022</u>	t·m
--------------	--------------	-----

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd} :$	<u>4.539</u>	t·m
--------------	--------------	-----

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

**$W_{pl,z}$ :** Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

**$f_{yd}$ :** Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

**$f_y$ :** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**$\gamma_{M0}$ :** Coeficiente parcial de seguridad del material.

**Clase :** 1

**$W_{pl,z}$  :** 170.00 cm<sup>3</sup>

**$f_{yd}$  :** 2669.77 kp/cm<sup>2</sup>

**$f_y$  :** 2803.26 kp/cm<sup>2</sup>

**$\gamma_{M0}$  :** 1.05

### **Resistencia a corte Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

**$\eta$  :** 0.032 

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N77, para la combinación de acciones 1.35·PP.

**$V_{Ed}$ :** Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

**$V_{Ed}$  :** 0.635 t

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  **$V_{c,Rd}$**  viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

**$V_{c,Rd}$  :** 19.730 t

Donde:

**$A_v$ :** Área transversal a cortante.

**$A_v$  :** 12.80 cm<sup>2</sup>

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

**$h$ :** Canto de la sección.

**$h$  :** 160.00 mm

**$t_w$ :** Espesor del alma.

**$t_w$  :** 8.00 mm

**$f_{yd}$ :** Resistencia de cálculo del acero.

**$f_{yd}$  :** 2669.77 kp/cm<sup>2</sup>

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

**$f_y$ :** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**$f_y$  :** 2803.26 kp/cm<sup>2</sup>

**$\gamma_{M0}$ :** Coeficiente parcial de seguridad del material.

**$\gamma_{M0}$  :** 1.05



**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$	<b>16.75</b>	<	<b>64.71</b>
--	--------------	---	--------------

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.  $\lambda_w$  : 16.75

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$\lambda_{\max}$ : Esbeltez máxima.  $\lambda_{\max}$  : 64.71

$$\lambda_{\max} = 70 \cdot \varepsilon$$

$\varepsilon$ : Factor de reducción.  $\varepsilon$  : 0.92

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{\text{ref}}}{f_y}}$$


Siendo:

$f_{\text{ref}}$ : Límite elástico de referencia.  $f_{\text{ref}}$  : 2395.51 kp/cm<sup>2</sup>

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y$  : 2803.26 kp/cm<sup>2</sup>

**Resistencia a corte Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$\eta = \frac{V_{\text{Ed}}}{V_{\text{c,Rd}}} \leq 1$	$\eta <$	<u><b>0.001</b></u>	
---	----------	---------------------	---

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

$V_{\text{Ed}}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  $V_{\text{Ed}}$  : 0.003 t

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{\text{c,Rd}}$  viene dado por:

$$V_{\text{c,Rd}} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$V_{\text{c,Rd}}$  : 67.174 t

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.  $A_v$  : 43.58 cm<sup>2</sup>

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.  $A$  : 54.30 cm<sup>2</sup>

$d$ : Altura del alma.  $d$  : 134.00 mm

$t_w$ : Espesor del alma.  $t_w$  : 8.00 mm

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{yd}$  : 2669.77 kp/cm<sup>2</sup>

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

### **Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad \quad \quad \mathbf{0.318 \leq 9.865}$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.400 m del nudo N76, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.318} \text{ t}$$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{19.730} \text{ t}$$

### **Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad \quad \quad \mathbf{0.003 \leq 33.587}$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.400 m del nudo N76, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.003} \text{ t}$$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{67.174} \text{ t}$$

### **Resistencia a flexión y axil combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1 \quad \quad \quad \eta : \quad \quad \mathbf{0.145} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \quad \quad \eta : \quad \quad \mathbf{0.198} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$\eta :$

**0.302**



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N77, para la combinación de acciones 1.35 PP+1.5 V(90 )H2+0.75 N(R)1.

Donde:

**N<sub>c,Ed</sub>**: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

**M<sub>y,Ed</sub>, M<sub>z,Ed</sub>**: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

**N<sub>pl,Rd</sub>**: Resistencia a compresión de la sección bruta.

**M<sub>pl,Rd,y</sub>, M<sub>pl,Rd,z</sub>**: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

**Resistencia a pandeo**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

**A**:  rea de la sección bruta.

**W<sub>pl,y</sub>, W<sub>pl,z</sub>**: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

** <sub>M1</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

**k<sub>y</sub>, k<sub>z</sub>**: Coeficientes de interacción.

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$

**C<sub>m,y</sub>, C<sub>m,z</sub>**: Factores de momento flector uniforme equivalente.

** <sub>y</sub>,  <sub>z</sub>**: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

** <sub>y</sub>,  <sub>z</sub>**: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

** <sub>y</sub>,  <sub>z</sub>**: Factores dependientes de la clase de la sección.

$$N_{c,Ed} : 7.996 \text{ t}$$

$$M_{y,Ed} : 0.809 \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} : 0.021 \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$\text{Clase} : 1$$

$$N_{pl,Rd} : 144.969 \text{ t}$$

$$M_{pl,Rd,y} : 9.451 \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : 4.539 \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$A : 54.30 \text{ cm}^2$$

$$W_{pl,y} : 354.00 \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : 170.00 \text{ cm}^3$$

$$f_{yd} : 2669.77 \text{ kp/cm}^2$$

$$f_y : 2803.26 \text{ kp/cm}^2$$

$$\gamma_{M1} : 1.05$$

$$k_y : 1.08$$

$$k_z : 1.34$$

$$C_{m,y} : 1.00$$

$$C_{m,z} : 1.00$$

$$\chi_y : 0.54$$

$$\chi_z : 0.23$$

$$\bar{\lambda}_y : 1.09$$

$$\bar{\lambda}_z : 1.82$$

$$\alpha_y : 0.60$$

$$\alpha_z : 0.60$$

### **Resistencia a flexión, axil y cortante combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.400 m del nudo N76, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2} \quad 0.318 \leq 9.865$$

Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed,z}$  :  $\frac{0.318}{t}$

$V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd,z}$  :  $\frac{19.730}{t}$

### **Resistencia a torsión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

### **Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

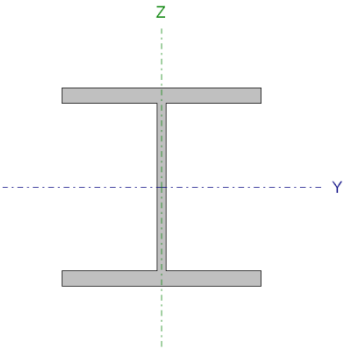
No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

### **Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

### 3.1.9.- Comprobaciones ULE (Barra dintel pórtico oficina):

Barra N87/N84

Perfil: HE 160 B		Material: Acero (S275)				
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas		
	Inicial	Final		�rea (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )
	N87	N84	6.227	54.30	2492.00	889.20
	Notas: <sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado <sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme					
	Pandeo		Pandeo lateral			
	Plano XY		Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
	�	1.00	1.00	0.00	0.00	
	L <sub>K</sub>	6.227	6.227	0.000	0.000	
	C <sub>m</sub>	1.000	1.000	1.000	1.000	
	C <sub>1</sub>	-		1.000		

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_{w\phi}$	N <sub>t</sub>	N <sub>c</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>	V <sub>z</sub>	V <sub>y</sub>	M <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	
N87/N84	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{w\phi} \leq \lambda_{w\phi, \max}$ Cumple	x: 6.091 m � = 0.7	x: 0.083 m � = 6.1	x: 6.093 m � = 46.4	x: 6.091 m � = 0.1	x: 6.093 m � = 16.8	� < 0.1	� < 0.1	x: 0.083 m � < 0.1	x: 6.093 m � = 47.0	� < 0.1	� = 0.1	x: 6.093 m � = 9.1	<b>CUMPLE</b> <b>� = 47.0</b>
Notación: $\bar{\lambda}$ : Limitación de esbeltez $\lambda_{w\phi}$ : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N <sub>t</sub> : Resistencia a tracción N <sub>c</sub> : Resistencia a compresión M <sub>y</sub> : Resistencia a flexión eje Y M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión eje Z V <sub>z</sub> : Resistencia a corte Z V <sub>y</sub> : Resistencia a corte Y M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión y axil combinados NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M <sub>t</sub> : Resistencia a torsión M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra �: Coeficiente de aprovechamiento (%)															

#### Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$  :

1.77



Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**A:**  rea de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico de pandeo elástico.

El axil crítico de pandeo elástico **N<sub>cr</sub>** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

**Clase :**

1

**A :**

54.30

cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub> :**

2803.26

kp/cm<sup>2</sup>

**N<sub>cr</sub> :**

48.445

t

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

$N_{cr,y}$  : 135.769 t

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

$N_{cr,z}$  : 48.445 t

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[ G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

$N_{cr,T}$  :  $\infty$

Donde:

$I_y$ : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

$I_y$  : 2492.00 cm<sup>4</sup>

$I_z$ : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$I_z$  : 889.20 cm<sup>4</sup>

$I_t$ : Momento de inercia a torsión uniforme.

$I_t$  : 31.24 cm<sup>4</sup>

$I_w$ : Constante de alabeo de la sección.

$I_w$  : 47940.00 cm<sup>6</sup>

$E$ : Módulo de elasticidad.

$E$  : 2140673 kp/cm<sup>2</sup>

$G$ : Módulo de elasticidad transversal.

$G$  : 825688 kp/cm<sup>2</sup>

$L_{ky}$ : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

$L_{ky}$  : 6.227 m

$L_{kz}$ : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

$L_{kz}$  : 6.227 m

$L_{kt}$ : Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$L_{kt}$  : 0.000 m

$i_0$ : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$i_0$  : 7.89 cm

$$i_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$$

Siendo:

$i_y, i_z$ : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

$i_y$  : 6.77 cm

$i_z$  : 4.05 cm

$y_0, z_0$ :

$y_0$  : 0.00 mm

Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

$z_0$  :

0.00 mm

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

$$16.75 \leq 164.47$$



Donde:

$h_w$ : Altura del alma.

$t_w$ : Espesor del alma.

$A_w$ : Área del alma.

$A_{fc,ef}$ : Área reducida del ala comprimida.

$k$ : Coeficiente que depende de la clase de la sección.

$E$ : Módulo de elasticidad.

$f_{yf}$ : Límite elástico del acero del ala comprimida.

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

$$h_w : 134.00 \text{ mm}$$

$$t_w : 8.00 \text{ mm}$$

$$A_w : 10.72 \text{ cm}^2$$

$$A_{fc,ef} : 20.80 \text{ cm}^2$$

$$k : 0.30$$

$$E : 2140673 \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yf} : 2803.26 \text{ kp/cm}^2$$

**Resistencia a tracción** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$\eta$  :

$$0.007$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 6.091 m del nudo N87, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H2+0.75·N(R)1.

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : 0.975 \text{ t}$$

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{t,Rd} : 144.969 \text{ t}$$

Donde:

$A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : 54.30 \text{ cm}^2$$

$$f_{yd}: \text{Resistencia de cálculo del acero.} \quad f_{yd} : \quad \underline{2669.77} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$$f_y: \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} \quad f_y : \quad \underline{2803.26} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$\gamma_{M0}: \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} \quad \gamma_{M0} : \quad \underline{1.05}$$

### **Resistencia a compresión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \quad \underline{0.015} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \quad \underline{0.061} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.083 m del nudo N87, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H1+0.75·N(EI).

$$N_{c,Ed}: \text{Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.} \quad N_{c,Ed} : \quad \underline{2.137} \quad \text{t}$$

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd} \quad N_{c,Rd} : \quad \underline{144.969} \quad \text{t}$$

Donde:

$$\text{Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.} \quad \text{Clase} : \quad \underline{1}$$

$$A: \text{Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.} \quad A : \quad \underline{54.30} \quad \text{cm}^2$$

$$f_{yd}: \text{Resistencia de cálculo del acero.} \quad f_{yd} : \quad \underline{2669.77} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$$f_y: \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} \quad f_y : \quad \underline{2803.26} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$\gamma_{M0}: \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} \quad \gamma_{M0} : \quad \underline{1.05}$$

### **Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd} \quad N_{b,Rd} : \quad \underline{34.876} \quad \text{t}$$

Donde:



**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**f<sub>yd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**γ<sub>M1</sub>:** Coeficiente parcial de seguridad del material.

**χ:** Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

**α:** Coeficiente de imperfección elástica.

**λ̄:** Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

**N<sub>cr,y</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

**N<sub>cr,z</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

**N<sub>cr,T</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

<b>A :</b>	54.30	cm <sup>2</sup>
<b>f<sub>yd</sub> :</b>	2669.77	kp/cm <sup>2</sup>
<b>f<sub>y</sub> :</b>	2803.26	kp/cm <sup>2</sup>
<b>γ<sub>M1</sub> :</b>	1.05	
<b>χ<sub>y</sub> :</b>	0.56	
<b>χ<sub>z</sub> :</b>	0.24	
<b>φ<sub>y</sub> :</b>	1.21	
<b>φ<sub>z</sub> :</b>	2.46	
<b>α<sub>y</sub> :</b>	0.34	
<b>α<sub>z</sub> :</b>	0.49	
<b>λ̄<sub>y</sub> :</b>	1.06	
<b>λ̄<sub>z</sub> :</b>	1.77	
<b>N<sub>cr</sub> :</b>	48.445	t
<b>N<sub>cr,y</sub> :</b>	135.769	t
<b>N<sub>cr,z</sub> :</b>	48.445	t
<b>N<sub>cr,T</sub> :</b>	∞	

### **Resistencia a flexión eje Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

**η :** 0.464



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 6.093 m del nudo N87, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1.

**M<sub>Ed</sub><sup>+</sup>:** Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

**M<sub>Ed</sub><sup>+</sup> :** 1.033 t·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 6.093 m del nudo N87, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q+1.5·luminarias+0.9·V(270°)H2+0.75·N(EI).

**M<sub>Ed</sub><sup>-</sup>**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M<sub>Ed</sub><sup>-</sup>** : 4.384 t·m

El momento flector resistente de cálculo **M<sub>c,Rd</sub>** viene dado por:

**M<sub>c,Rd</sub>** = W<sub>pl,y</sub> · f<sub>yd</sub> **M<sub>c,Rd</sub>** : 9.451 t·m

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : 1

**W<sub>pl,y</sub>**: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. **W<sub>pl,y</sub>** : 354.00 cm<sup>3</sup>

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero. **f<sub>yd</sub>** : 2669.77 kp/cm<sup>2</sup>

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{Mo}$$

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub>** : 2803.26 kp/cm<sup>2</sup>

**γ<sub>Mo</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

**γ<sub>Mo</sub>** : 1.05

**Resistencia a pandeo lateral**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

### **Resistencia a flexión eje Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

**η** <

**0.001**



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 6.091 m del nudo N87, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

**M<sub>Ed</sub><sup>+</sup>**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

**M<sub>Ed</sub><sup>+</sup>** : 0.001 t·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 6.091 m del nudo N87, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H4+0.75·N(R)1.

**M<sub>Ed</sub><sup>-</sup>**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

**M<sub>Ed</sub><sup>-</sup>** : 0.001 t·m

El momento flector resistente de cálculo **M<sub>c,Rd</sub>** viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd} \quad M_{c,Rd} : \quad \underline{4.539} \quad t \cdot m$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$Clase : \quad \underline{1}$$

**$W_{pl,z}$ :** Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,z} : \quad \underline{170.00} \quad cm^3$$

**$f_{yd}$ :** Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \quad \underline{2669.77} \quad kp/cm^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

**$f_y$ :** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \quad \underline{2803.26} \quad kp/cm^2$$

**$\gamma_{M0}$ :** Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \quad \underline{1.05}$$

### **Resistencia a corte Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \quad \underline{0.168}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 6.093 m del nudo N87, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q+1.5·luminarias+0.9·V(270°)H2+0.75·N(EI).

**$V_{Ed}$ :** Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \quad \underline{3.314} \quad t$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  **$V_{c,Rd}$**  viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \quad \underline{19.730} \quad t$$

Donde:

**$A_v$ :** Área transversal a cortante.

$$A_v : \quad \underline{12.80} \quad cm^2$$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

**$h$ :** Canto de la sección.

$$h : \quad \underline{160.00} \quad mm$$

**$t_w$ :** Espesor del alma.

$$t_w : \quad \underline{8.00} \quad mm$$

**$f_{yd}$ :** Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \quad \underline{2669.77} \quad kp/cm^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

**$f_y$ :** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \quad \underline{2803.26} \quad kp/cm^2$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M0}$  : 1.05

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon \quad 16.75 < 64.71$$

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$\lambda_w$  : 16.75

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.

$\lambda_{m\acute{a}x}$  : 64.71

$$\lambda_{max} = 70 \cdot \varepsilon$$

$\varepsilon$ : Factor de reducción.

$\varepsilon$  : 0.92

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.

$f_{ref}$  : 2395.51 kp/cm<sup>2</sup>

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 2803.26 kp/cm<sup>2</sup>

**Resistencia a corte Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta < 0.001 \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H4.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 0.000 t

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad V_{c,Rd} : \quad 67.174 \quad t$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$A_v$  : 43.58 cm<sup>2</sup>

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.

$A$  : 54.30 cm<sup>2</sup>

$d$ : Altura del alma.

$d$  : 134.00 mm

$t_w$ : Espesor del alma.

$t_w$  : 8.00 mm

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 2669.77 kp/cm<sup>2</sup>

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

### **Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad 2.140 \leq 9.865$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones

$$1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot Q + 1.5 \cdot \text{luminarias} + 0.9 \cdot V(180^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(EI).$$

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{2.140} \text{ t}$$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{19.730} \text{ t}$$

### **Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad 0.000 \leq 33.587$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.083 m del nudo N87, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.000} \text{ t}$$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{67.174} \text{ t}$$

### **Resistencia a flexión y axil combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.470}$$

$$\eta = \frac{M_{ef,Ed}}{M_{b,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.459}$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo p<sub>simos</sub> se producen en un punto situado a una distancia de 6.093 m del nudo N87, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q+1.5·luminarias+0.9·V(270°)H2+0.75·N(EI).

Donde:

<b>N<sub>t,Ed</sub></b> : Axil de tracción solicitante de cálculo p <sub>simos</sub> .	<b>N<sub>t,Ed</sub></b> :	0.847	t
<b>M<sub>y,Ed</sub>, M<sub>z,Ed</sub></b> : Momentos flectores solicitantes de cálculo p <sub>simos</sub> , según los ejes Y y Z, respectivamente.	<b>M<sub>y,Ed</sub></b> :	4.384	t
	<b>M<sub>z,Ed</sub></b> :	0.000	t
<b>Clase</b> : Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.	<b>Clase</b> :	1	
<b>N<sub>pl,Rd</sub></b> : Resistencia a tracción.	<b>N<sub>pl,Rd</sub></b> :	144.969	t
<b>M<sub>pl,Rd,y</sub>, M<sub>pl,Rd,z</sub></b> : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.	<b>M<sub>pl,Rd,y</sub></b> :	9.451	t
	<b>M<sub>pl,Rd,z</sub></b> :	4.539	t
<b>Resistencia a pandeo</b> : (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.1)			
<b>M<sub>ef,Ed</sub></b> : Momento flector solicitante de cálculo p <sub>simos</sub> .	<b>M<sub>ef,Ed</sub></b> :	-4.340	t
$\mathbf{M_{ef,Ed}} = W_{y,com} \cdot \sigma_{com,Ed}$			
Siendo:			
<b>σ<sub>com,Ed</sub></b> : Tensión combinada en la fibra extrema comprimida.	<b>σ<sub>com,Ed</sub></b> :	1226.03	MPa
$\sigma_{com,Ed} = \frac{M_{y,Ed}}{W_{y,com}} - 0.8 \cdot \frac{N_{t,Ed}}{A}$			
<b>W<sub>y,com</sub></b> : Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y.	<b>W<sub>y,com</sub></b> :	354.00	cm <sup>3</sup>
<b>A</b> : Área de la sección bruta.	<b>A</b> :	54.30	cm <sup>2</sup>
<b>M<sub>b,Rd,y</sub></b> : Momento flector resistente de cálculo.	<b>M<sub>b,Rd,y</sub></b> :	9.451	t·m

### **Resistencia a flexión, axil y cortante combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo p<sub>simos</sub> **V<sub>Ed</sub>** es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo **V<sub>c,Rd</sub>**.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo p<sub>simos</sub> se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q+1.5·luminarias+0.9·V(180°)H1+0.75·N(EI).

$$\mathbf{V_{Ed,z}} \leq \frac{\mathbf{V_{c,Rd,z}}}{2} \quad \mathbf{2.140} \leq \mathbf{9.865}$$

Donde:

<b>V<sub>Ed,z</sub></b> : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo p <sub>simos</sub> .	<b>V<sub>Ed,z</sub></b> :	2.140	t
<b>V<sub>c,Rd,z</sub></b> : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	<b>V<sub>c,Rd,z</sub></b> :	19.730	t

### **Resistencia a torsión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : 0.001$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4$ .

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : 0.000 \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo  $M_{T,Rd}$  viene dado por:

$$M_{T,Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd}$$

$$M_{T,Rd} : 0.370 \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : 24.03 \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : 2669.77 \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : 2803.26 \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : 1.05$$

### **Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : 0.091$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 6.093 m del nudo N87, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot Q + 1.5 \cdot \text{luminarias} + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)2$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : 1.793 \text{ t}$$

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : 0.000 \text{ t}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido  $V_{pl,T,Rd}$  viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : 19.727 \text{ t}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : 19.730 \text{ t}$$

$\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : 0.51 \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : 24.03 \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : 2669.77 \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

### **Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta < \underline{0.001}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot Q + 1.5 \cdot \text{luminarias} + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)2$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.000} \text{ t}$$

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido  $V_{pl,T,Rd}$  viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{67.165} \text{ t}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{67.174} \text{ t}$$

$\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.51} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{24.03} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

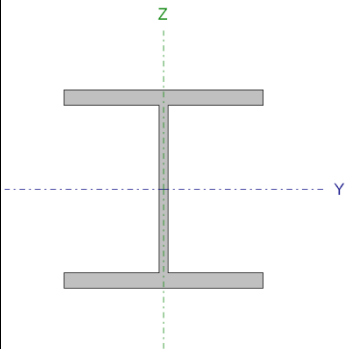
$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$





### 3.1.10.- Comprobaciones ULE (Barra pilar pórtico oficina):


Barra N86/N87

Perfil: HE 160 B							
Material: Acero (S275)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm²)	I <sub>v</sub> <sup>(1)</sup> (cm4)	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm4)	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm4)
	N86	N87	3.000	54.30	2492.00	889.20	31.24
	Notas:						
	<sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado						
	<sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme						
		Pandeo		Pandeo lateral			
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
	β	2.00	2.00	0.00	0.00		
	L <sub>K</sub>	6.000	6.000	0.000	0.000		
C <sub>m</sub>	1.000	1.000	1.000	1.000			
C <sub>1</sub>	-		1.000				
Notación:							
β: Coeficiente de pandeo							
L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m)							
C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos							
C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado
N86/N87	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	N <sub>t</sub> : 2.915 m η = 0.6	N <sub>c</sub> : x: 0 m η = 7.2	M <sub>y</sub> : x: 0 m η = 41.7	M <sub>z</sub> : x: 0 m η = 0.6	V <sub>z</sub> : x: 0 m η = 13.7	V <sub>y</sub> : η < 0.1	M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : η < 0.1	M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> : η < 0.1	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> : x: 0 m η = 42.7	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : η < 0.1	M <sub>t</sub> : η = 0.1	M <sub>t</sub> V <sub>z</sub> : x: 0 m η = 5.5	M <sub>t</sub> V <sub>y</sub> : η < 0.1 <b>CUMPLE</b> <b>η = 42.7</b>
Notación: λ̄: Limitación de esbeltez λ <sub>w</sub> : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N <sub>t</sub> : Resistencia a tracción N <sub>c</sub> : Resistencia a compresión M <sub>y</sub> : Resistencia a flexión eje Y M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión eje Z V <sub>z</sub> : Resistencia a corte Z V <sub>y</sub> : Resistencia a corte Y M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión y axil combinados NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M <sub>t</sub> : Resistencia a torsión M <sub>t</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M <sub>t</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%)															

#### Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$	$\bar{\lambda}$ :	<b>1.71</b>	
---	-------------------	-------------	---

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico de pandeo elástico.

**Clase :**

**1**

**A :**

**54.30**

cm²

**f<sub>y</sub> :**

**2803.26**

kp/cm²

**N<sub>cr</sub> :**

**52.185**

t

El axil crítico de pandeo elástico  $N_{cr}$  es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

$N_{cr,y} :$  146.250 t

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

$N_{cr,z} :$  52.185 t

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[ G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

$N_{cr,T} :$   $\infty$

Donde:

$I_y$ : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

$I_y :$  2492.00 cm<sup>4</sup>

$I_z$ : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$I_z :$  889.20 cm<sup>4</sup>

$I_t$ : Momento de inercia a torsión uniforme.

$I_t :$  31.24 cm<sup>4</sup>

$I_w$ : Constante de alabeo de la sección.

$I_w :$  47940.00 cm<sup>6</sup>

$E$ : Módulo de elasticidad.

$E :$  2140673 kp/cm<sup>2</sup>

$G$ : Módulo de elasticidad transversal.

$G :$  825688 kp/cm<sup>2</sup>

$L_{ky}$ : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

$L_{ky} :$  6.000 m

$L_{kz}$ : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

$L_{kz} :$  6.000 m

$L_{kt}$ : Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$L_{kt} :$  0.000 m

$i_0$ : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$i_0 :$  7.89 cm

$$i_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$$

Siendo:

$i_y, i_z$ : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

$i_y :$  6.77 cm

$i_z :$  4.05 cm

$y_0, z_0$ :

$y_0 :$  0.00 mm

Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

$z_0$  :

0.00 mm

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

$$16.75 \leq 164.47$$



Donde:

$h_w$ : Altura del alma.

$t_w$ : Espesor del alma.

$A_w$ : Área del alma.

$A_{fc,ef}$ : Área reducida del ala comprimida.

$k$ : Coeficiente que depende de la clase de la sección.

$E$ : Módulo de elasticidad.

$f_{yf}$ : Límite elástico del acero del ala comprimida.

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

$$h_w : 134.00 \text{ mm}$$

$$t_w : 8.00 \text{ mm}$$

$$A_w : 10.72 \text{ cm}^2$$

$$A_{fc,ef} : 20.80 \text{ cm}^2$$

$$k : 0.30$$

$$E : 2140673 \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yf} : 2803.26 \text{ kp/cm}^2$$

**Resistencia a tracción** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$\eta$  :

$$0.006$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.915 m del nudo N86, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(R)1$ .

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : 0.865 \text{ t}$$

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{t,Rd} : 144.969 \text{ t}$$

Donde:

$A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : 54.30 \text{ cm}^2$$

$$f_{yd}: \text{Resistencia de cálculo del acero.} \quad f_{yd} : \quad \underline{2669.77} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$$f_y: \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} \quad f_y : \quad \underline{2803.26} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$\gamma_{M0}: \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} \quad \gamma_{M0} : \quad \underline{1.05}$$

### **Resistencia a compresión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \quad \underline{0.018}$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \quad \underline{0.072}$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N86, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q+1.5·luminarias+0.9·V(180°)H1+0.75·N(EI).

$$N_{c,Ed}: \text{Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.} \quad N_{c,Ed} : \quad \underline{2.681} \quad \text{t}$$

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd} \quad N_{c,Rd} : \quad \underline{144.969} \quad \text{t}$$

Donde:

$$\text{Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.} \quad \text{Clase} : \quad \underline{1}$$

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \quad \underline{54.30} \quad \text{cm}^2$$

$$f_{yd}: \text{Resistencia de cálculo del acero.} \quad f_{yd} : \quad \underline{2669.77} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$$f_y: \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} \quad f_y : \quad \underline{2803.26} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$\gamma_{M0}: \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} \quad \gamma_{M0} : \quad \underline{1.05}$$

### **Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd} \quad N_{b,Rd} : \quad \underline{37.080} \quad \text{t}$$

Donde:

$$A: \text{Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.} \quad A : \quad \underline{54.30} \quad \text{cm}^2$$

$$f_{yd}: \text{Resistencia de cálculo del acero.} \quad f_{yd} : \quad \underline{2669.77} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 2803.26 kN/cm<sup>2</sup>

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M1}$  : 1.05

$\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

$\chi_y$  : 0.58

$\chi_z$  : 0.26

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

$\phi_y$  : 1.16

$\phi_z$  : 2.33

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$\alpha_y$  : 0.34

$\alpha_z$  : 0.49

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}_y$  : 1.02

$\bar{\lambda}_z$  : 1.71

$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$N_{cr}$  : 52.185 t

$N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,y}$  : 146.250 t

$N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,z}$  : 52.185 t

$N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$N_{cr,T}$  :  $\infty$

### **Resistencia a flexión eje Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.417



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N86, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H2+0.75·N(R)1.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^+$  : 3.945 t·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N86, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1+0.75·N(EI).

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^-$  : 2.872 t·m

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd} \quad M_{c,Rd} : \quad \underline{9.451} \quad t \cdot m$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$Clase : \quad \underline{1}$$

**$W_{pl,y}$ :** Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \quad \underline{354.00} \quad cm^3$$

**$f_{yd}$ :** Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \quad \underline{2669.77} \quad kp/cm^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

**$f_y$ :** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \quad \underline{2803.26} \quad kp/cm^2$$

**$\gamma_{M0}$ :** Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \quad \underline{1.05}$$

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

### Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \quad \underline{0.006}$$



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N86, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H1$ .

$$M_{Ed}^+ : \text{Momento flector solicitante de cálculo pésimo.} \quad M_{Ed}^+ : \quad \underline{0.028} \quad t \cdot m$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N86, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot Q + 1.5 \cdot \text{luminarias} + 0.9 \cdot V(270^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

$$M_{Ed}^- : \text{Momento flector solicitante de cálculo pésimo.} \quad M_{Ed}^- : \quad \underline{0.026} \quad t \cdot m$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd} \quad M_{c,Rd} : \quad \underline{4.539} \quad t \cdot m$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$Clase : \quad \underline{1}$$

**$W_{pl,z}$ :** Módulo resistente plástico correspondiente

$$W_{pl,z} : \quad \underline{170.00} \quad cm^3$$

a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$f_{yd} : \quad \underline{2669.77} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$f_y : \quad \underline{2803.26} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$\gamma_{M0} : \quad \underline{1.05}$$

### **Resistencia a corte Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$\eta :$

**0.137**



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N86, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(270^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(R)1$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \quad \underline{2.694} \quad \text{t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \quad \underline{19.730} \quad \text{t}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \quad \underline{12.80} \quad \text{cm}^2$$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

$h$ : Canto de la sección.

$$h : \quad \underline{160.00} \quad \text{mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \quad \underline{8.00} \quad \text{mm}$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \quad \underline{2669.77} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \quad \underline{2803.26} \quad \text{kp/cm}^2$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \quad \underline{1.05}$$

### **Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:



$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$	<b>16.75</b>	<	<b>64.71</b>
--	--------------	---	--------------

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.  $\lambda_w$  : 16.75

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.  $\lambda_{m\acute{a}x}$  : 64.71

$$\lambda_{max} = 70 \cdot \varepsilon$$

$\varepsilon$ : Factor de reducción.  $\varepsilon$  : 0.92

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$


Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.  $f_{ref}$  : 2395.51 kp/cm<sup>2</sup>

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y$  : 2803.26 kp/cm<sup>2</sup>

### **Resistencia a corte Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$	$\eta <$	<b>0.001</b>	
---	----------	--------------	---

El esfuerzo solicitante de cculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180)H1.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cculo pésimo.  $V_{Ed}$  : 0.009 t

El esfuerzo cortante resistente de cculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$   $V_{c,Rd}$  : 67.174 t

Donde:

$A_v$ : rea transversal a cortante.  $A_v$  : 43.58 cm<sup>2</sup>

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

$A$ : rea de la sección bruta.  $A$  : 54.30 cm<sup>2</sup>

$d$ : Altura del alma.  $d$  : 134.00 mm

$t_w$ : Espesor del alma.  $t_w$  : 8.00 mm

$f_{yd}$ : Resistencia de cculo del acero.  $f_{yd}$  : 2669.77 kp/cm<sup>2</sup>

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y$  : 2803.26 kp/cm<sup>2</sup>

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M0}$  :

1.05

### **Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$2.694 \leq 9.865$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H2+0.75·N(R)1.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : 2.694 \text{ t}$$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : 19.730 \text{ t}$$

### **Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$0.009 \leq 33.587$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : 0.009 \text{ t}$$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : 67.174 \text{ t}$$

### **Resistencia a flexión y axil combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$\eta$  :

$$0.425$$



$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$\eta$  :

$$0.427$$



$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$\eta$  :

$$0.268$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo p<sub>ésimos</sub> se producen en el nudo N86, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H2+0.75·N(R)1.

Donde:

**N<sub>c,Ed</sub>**: Axil de compresión solicitante de cálculo p<sub>ésimo</sub>.

$$\begin{array}{l} \mathbf{N_{c,Ed}} : \\ \mathbf{M_{y,Ed}}^+ : \end{array} \quad \begin{array}{l} 0.401 \text{ t} \\ 3.945 \text{ t}\cdot\text{m} \end{array}$$

**M<sub>y,Ed</sub>, M<sub>z,Ed</sub>**: Momentos flectores solicitantes de cálculo p<sub>ésimos</sub>, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\begin{array}{l} \mathbf{M_{z,Ed}}^- : \\ \mathbf{Clase} : \end{array} \quad \begin{array}{l} 0.024 \text{ t}\cdot\text{m} \\ 1 \end{array}$$

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

**N<sub>pl,Rd</sub>**: Resistencia a compresión de la sección bruta.

$$\begin{array}{l} \mathbf{N_{pl,Rd}} : \\ \mathbf{M_{pl,Rd,y}} : \end{array} \quad \begin{array}{l} 144.969 \text{ t} \\ 9.451 \text{ t}\cdot\text{m} \end{array}$$

**M<sub>pl,Rd,y</sub>, M<sub>pl,Rd,z</sub>**: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\mathbf{M_{pl,Rd,z}} : \quad 4.539 \text{ t}\cdot\text{m}$$

**Resistencia a pandeo**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

**A**: Área de la sección bruta.

$$\mathbf{A} : \quad 54.30 \text{ cm}^2$$

**W<sub>pl,y</sub>, W<sub>pl,z</sub>**: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\mathbf{W_{pl,y}} : \quad 354.00 \text{ cm}^3$$

**f<sub>vd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

$$\begin{array}{l} \mathbf{W_{pl,z}} : \\ \mathbf{f_{vd}} : \end{array} \quad \begin{array}{l} 170.00 \text{ cm}^3 \\ 2669.77 \text{ kp/cm}^2 \end{array}$$

$$\mathbf{f_{vd}} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\mathbf{f_y} : \quad 2803.26 \text{ kp/cm}^2$$

**γ<sub>M1</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\mathbf{\gamma_{M1}} : \quad 1.05$$

**k<sub>y</sub>, k<sub>z</sub>**: Coeficientes de interacción.

$$\mathbf{k_y} = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$$

$$\mathbf{k_y} : \quad 1.00$$

$$\mathbf{k_z} = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$

$$\mathbf{k_z} : \quad 1.02$$

**C<sub>m,y</sub>, C<sub>m,z</sub>**: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$\mathbf{C_{m,y}} : \quad 1.00$$

$$\mathbf{C_{m,z}} : \quad 1.00$$

**χ<sub>y</sub>, χ<sub>z</sub>**: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\mathbf{\chi_y} : \quad 0.58$$

$$\mathbf{\chi_z} : \quad 0.26$$

**λ<sub>y</sub>, λ<sub>z</sub>**: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\mathbf{\bar{\lambda}_y} : \quad 1.02$$

$$\mathbf{\bar{\lambda}_z} : \quad 1.71$$

**α<sub>y</sub>, α<sub>z</sub>**: Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\mathbf{\alpha_y} : \quad 0.60$$

$$\mathbf{\alpha_z} : \quad 0.60$$

### **Resistencia a flexión, axil y cortante combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo p<sub>ésimo</sub> **V<sub>Ed</sub>** es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo **V<sub>c,Rd</sub>**.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo p<sup>és</sup>imos se producen para la combinaci3n de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H2+0.75·N(R)1.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2} \quad 2.694 \leq 9.865$$

Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de c3lculo p<sup>és</sup>imo.

$V_{Ed,z}$ : 2.694 t

$V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de c3lculo.

$V_{c,Rd,z}$ : 19.730 t

### **Resistencia a torsi3n** (CTE DB SE-A, Art3culo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \quad 0.001 \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de c3lculo p<sup>és</sup>imo se produce para la combinaci3n de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H4.

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de c3lculo p<sup>és</sup>imo.

$M_{T,Ed}$ : 0.001 t·m

El momento torsor resistente de c3lculo  $M_{T,Rd}$  viene dado por:

$$M_{T,Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd} \quad M_{T,Rd} : \quad 0.370 \quad \text{t·m}$$

Donde:

$W_T$ : M3dulo de resistencia a torsi3n.

$W_T$ : 24.03 cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de c3lculo del acero.

$f_{yd}$ : 2669.77 kp/cm<sup>2</sup>

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : L3mite el3stico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$ : 2803.26 kp/cm<sup>2</sup>

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M0}$ : 1.05

### **Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Art3culo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \quad 0.055 \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de c3lculo p<sup>és</sup>imos se producen en el nudo N86, para la combinaci3n de acciones 1.35·PP+1.5·Q+1.5·luminarias+0.9·V(270°)H1+0.75·N(R)2.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de c3lculo p<sup>és</sup>imo.

$V_{Ed}$ : 1.076 t

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de c3lculo p<sup>és</sup>imo.

$M_{T,Ed}$ : 0.000 t·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido  $V_{pl,T,Rd}$  viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \quad 19.726 \quad t$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \quad 19.730 \quad t$$

$\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \quad 0.79 \quad \text{kp/cm}^2$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \quad 24.03 \quad \text{cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \quad 2669.77 \quad \text{kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \quad 2803.26 \quad \text{kp/cm}^2$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \quad 1.05$$

### **Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$\eta <$

**0.001**



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  
1.35·PP+1.5·Q+1.5·luminarias+0.9·V(270°)H1+0.75·N(R)2.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \quad 0.002 \quad t$$

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \quad 0.000 \quad t \cdot m$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido  $V_{pl,T,Rd}$  viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \quad 67.160 \quad t$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \quad 67.174 \quad t$$

$\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \quad 0.79 \quad \text{kp/cm}^2$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \quad 24.03 \quad \text{cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \quad 2669.77 \quad \text{kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

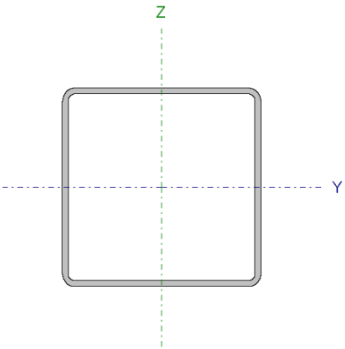
Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \quad 2803.26 \quad \text{kp/cm}^2$$

### 3.1.11.- Comprobaciones ULE (Barra viga de atado oficina):

Barra N84/N85

Perfil: SHS 90x3.0 Material: Acero (S275)						
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas		
	Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )
	N84	N85	5.596	10.20	127.05	127.05
	Notas: <sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado <sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme					
	Pandeo		Pandeo lateral			
	Plano XY		Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
	β	1.00	1.00	0.00	0.00	
	L <sub>K</sub>	5.596	5.596	0.000	0.000	
	C <sub>m</sub>	1.000	1.000	1.000	1.000	
	C <sub>1</sub>	-		1.000		

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_w$	N <sub>t</sub>	N <sub>c</sub>	M <sub>Y</sub>	M <sub>Z</sub>	V <sub>Z</sub>	V <sub>Y</sub>	M <sub>Y</sub> V <sub>Z</sub>	M <sub>Z</sub> V <sub>Y</sub>	NM <sub>Y</sub> M <sub>Z</sub>	NM <sub>Y</sub> M <sub>Z</sub> V <sub>Y</sub> V <sub>Z</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>t</sub> V <sub>Z</sub>		M <sub>t</sub> V <sub>Y</sub>
N84/N85	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.334 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	$\eta = 8.0$	$\eta = 44.7$	x: 2.673 m $\eta = 4.2$	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(1)</sup>	x: 5.346 m $\eta = 0.4$	V <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0.334 m $\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 2.673 m $\eta = 50.5$	x: 0.334 m $\eta < 0.1$	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> <b><math>\eta = 50.5</math></b>
<b>Notación:</b> $\bar{\lambda}$ : Limitación de esbeltez $\lambda_w$ : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N <sub>t</sub> : Resistencia a tracción N <sub>c</sub> : Resistencia a compresión M <sub>Y</sub> : Resistencia a flexión eje Y M <sub>Z</sub> : Resistencia a flexión eje Z V <sub>Z</sub> : Resistencia a corte Z V <sub>Y</sub> : Resistencia a corte Y M <sub>Y</sub> V <sub>Z</sub> : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M <sub>Z</sub> V <sub>Y</sub> : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM <sub>Y</sub> : Resistencia a flexión y axil combinados NM <sub>Y</sub> M <sub>Z</sub> V <sub>Y</sub> V <sub>Z</sub> : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M <sub>t</sub> : Resistencia a torsión M <sub>Y</sub> V <sub>Z</sub> : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M <sub>t</sub> V <sub>Y</sub> : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra $\eta$ : Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede																
<b>Comprobaciones que no proceden (N.P.):</b> <sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. <sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. <sup>(3)</sup> No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. <sup>(4)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. <sup>(5)</sup> No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.																

#### Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$	$\bar{\lambda}$ :	1.83	✓
---	-------------------	------	---

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**Clase :**

1

**A :**

10.20

cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub> :**

2803.26

kp/cm<sup>2</sup>

<b>N<sub>cr</sub></b> : Axil crítico de pandeo elástico.	<b>N<sub>cr</sub></b> :	8.571	t
El axil crítico de pandeo elástico <b>N<sub>cr</sub></b> es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):			
a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.	<b>N<sub>cr,y</sub></b> :	8.571	t
$\mathbf{N_{cr,y}} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$			
b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.	<b>N<sub>cr,z</sub></b> :	8.571	t
$\mathbf{N_{cr,z}} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$			
c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.	<b>N<sub>cr,T</sub></b> :	∞	
$\mathbf{N_{cr,T}} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[ G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$			
Donde:			
<b>I<sub>y</sub></b> : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.	<b>I<sub>y</sub></b> :	127.05	cm <sup>4</sup>
<b>I<sub>z</sub></b> : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	<b>I<sub>z</sub></b> :	127.05	cm <sup>4</sup>
<b>I<sub>t</sub></b> : Momento de inercia a torsión uniforme.	<b>I<sub>t</sub></b> :	201.36	cm <sup>4</sup>
<b>I<sub>w</sub></b> : Constante de alabeo de la sección.	<b>I<sub>w</sub></b> :	0.00	cm <sup>6</sup>
<b>E</b> : Módulo de elasticidad.	<b>E</b> :	2140673	kp/cm <sup>2</sup>
<b>G</b> : Módulo de elasticidad transversal.	<b>G</b> :	825688	kp/cm <sup>2</sup>
<b>L<sub>ky</sub></b> : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	<b>L<sub>ky</sub></b> :	5.596	m
<b>L<sub>kz</sub></b> : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	<b>L<sub>kz</sub></b> :	5.596	m
<b>L<sub>kt</sub></b> : Longitud efectiva de pandeo por torsión.	<b>L<sub>kt</sub></b> :	0.000	m
<b>i<sub>0</sub></b> : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	<b>i<sub>0</sub></b> :	4.99	cm
$\mathbf{i_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}}$			
Siendo:			
<b>i<sub>y</sub></b> , <b>i<sub>z</sub></b> : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	<b>i<sub>y</sub></b> :	3.53	cm
<b>y<sub>0</sub></b> , <b>z<sub>0</sub></b> :	<b>i<sub>z</sub></b> :	3.53	cm
	<b>y<sub>0</sub></b> :	0.00	mm

Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

$z_0$  :

0.00 mm

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

$$28.00 \leq 313.00$$



Donde:

$h_w$ : Altura del alma.

$t_w$ : Espesor del alma.

$A_w$ : Área del alma.

$A_{fc,ef}$ : Área reducida del ala comprimida.

$k$ : Coeficiente que depende de la clase de la sección.

$E$ : Módulo de elasticidad.

$f_{yf}$ : Límite elástico del acero del ala comprimida.

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

$$h_w : 84.00 \text{ mm}$$

$$t_w : 3.00 \text{ mm}$$

$$A_w : 5.04 \text{ cm}^2$$

$$A_{fc,ef} : 2.70 \text{ cm}^2$$

$$k : 0.30$$

$$E : 2140673 \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yf} : 2803.26 \text{ kp/cm}^2$$

**Resistencia a tracción** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$\eta$  :

$$0.080$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$ .

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : 2.173 \text{ t}$$

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{t,Rd} : 27.239 \text{ t}$$

Donde:

$A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : 10.20 \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : 2669.77 \text{ kp/cm}^2$$



$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

### **Resistencia a compresión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.102}$$



$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.447}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)1$ .

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{2.786} \text{ t}$$

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{c,Rd} : \underline{27.239} \text{ t}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{10.20} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

### **Resistencia a pandeo**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$

$$N_{b,Rd} : \underline{6.233} \text{ t}$$

Donde:

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{10.20} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$f_y : \quad 2803.26 \quad \text{kp/cm}^2$$

$$\gamma_{M1} : \quad 1.05$$

$$\chi_y : \quad 0.23$$

$$\chi_z : \quad 0.23$$

$$\phi_y : \quad 2.57$$

$$\phi_z : \quad 2.57$$

$$\alpha_y : \quad 0.49$$

$$\alpha_z : \quad 0.49$$

$$\bar{\lambda}_y : \quad 1.83$$

$$\bar{\lambda}_z : \quad 1.83$$

$$N_{cr} : \quad 8.571 \quad \text{t}$$

$$N_{cr,y} : \quad 8.571 \quad \text{t}$$

$$N_{cr,z} : \quad 8.571 \quad \text{t}$$

$$N_{cr,T} : \quad \infty$$

### **Resistencia a flexión eje Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$\eta :$

**0.042**



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.673 m del nudo N84, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \quad 0.039 \quad \text{t·m}$$

Para flexión negativa:

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \quad 0.000 \quad \text{t·m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd} \quad M_{c,Rd} : \quad 0.910 \quad t \cdot m$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$Clase : \quad 1$$

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \quad 34.07 \quad cm^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \quad 2669.77 \quad kp/cm^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \quad 2803.26 \quad kp/cm^2$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \quad 1.05$$

### **Resistencia a flexión eje Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

### **Resistencia a corte Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \quad 0.004 \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 5.346 m del nudo N84, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \quad 0.032 \quad t$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad V_{c,Rd} : \quad 7.769 \quad t$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \quad 5.04 \quad cm^2$$

$$A_v = 2 \cdot d \cdot t_w$$

Siendo:

$d$ : Altura del alma.

$$d : \quad 84.00 \quad mm$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \quad 3.00 \quad mm$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$	<b>28.00</b>	<	<b>64.71</b>
--	--------------	---	--------------

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 70 \cdot \varepsilon$$

$\varepsilon$ : Factor de reducción.

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\lambda_w : \underline{28.00}$$

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{64.71}$$

$$\varepsilon : \underline{0.92}$$

$$f_{ref} : \underline{2395.51} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

**Resistencia a corte Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$	<b>0.025 ≤ 3.884</b>
----------------------------------	----------------------

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.334 m del nudo N84, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.025} \text{ t}$$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{7.769} \text{ t}$$

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a flexión y axil combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta : \quad \underline{0.145} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \quad \underline{0.505} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \quad \underline{0.482} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo p<sup>és</sup>imos se producen en un punto situado a una distancia de 2.673 m del nudo N84, para la combinaci3n de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H4+0.75·N(R)1.

Donde:

**N<sub>c,Ed</sub>**: Axil de compresi3n solicitante de c3lculo p<sup>és</sup>imo.

**M<sub>y,Ed</sub>, M<sub>z,Ed</sub>**: Momentos flectores solicitantes de c3lculo p<sup>és</sup>imos, seg<sup>un</sup> los ejes Y y Z, respectivamente.

**Clase**: Clase de la secci3n, seg<sup>un</sup> la capacidad de deformaci3n y de desarrollo de la resistencia pl3stica de sus elementos planos, para axil y flexi3n simple.

**N<sub>pl,Rd</sub>**: Resistencia a compresi3n de la secci3n bruta.

**M<sub>pl,Rd,y</sub>, M<sub>pl,Rd,z</sub>**: Resistencia a flexi3n de la secci3n bruta en condiciones pl3sticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Art3culo 6.3.4.2)

**A**: 3rea de la secci3n bruta.

**W<sub>pl,y</sub>, W<sub>pl,z</sub>**: M3dulos resistentes pl3sticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de c3lculo del acero.

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: L3mite el3stico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**γ<sub>M1</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

**k<sub>y</sub>, k<sub>z</sub>**: Coeficientes de interacci3n.

$$N_{c,Ed} : \quad \underline{2.786} \quad t$$

$$M_{y,Ed}^+ : \quad \underline{0.039} \quad t \cdot m$$

$$M_{z,Ed}^+ : \quad \underline{0.000} \quad t \cdot m$$

$$Clase : \quad \underline{1}$$

$$N_{pl,Rd} : \quad \underline{27.239} \quad t$$

$$M_{pl,Rd,y} : \quad \underline{0.910} \quad t \cdot m$$

$$M_{pl,Rd,z} : \quad \underline{0.910} \quad t \cdot m$$

$$A : \quad \underline{10.20} \quad cm^2$$

$$W_{pl,y} : \quad \underline{34.07} \quad cm^3$$

$$W_{pl,z} : \quad \underline{34.07} \quad cm^3$$

$$f_{yd} : \quad \underline{2669.77} \quad kp/cm^2$$

$$f_y : \quad \underline{2803.26} \quad kp/cm^2$$

$$\gamma_{M1} : \quad \underline{1.05}$$

$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$	$k_y :$	<u>1.36</u>
$k_z = 1 + (\bar{\lambda}_z - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$	$k_z :$	<u>1.36</u>
$C_{m,y}, C_{m,z}$ : Factores de momento flector uniforme equivalente.	$C_{m,y} :$	<u>1.00</u>
	$C_{m,z} :$	<u>1.00</u>
$\chi_y, \chi_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	$\chi_y :$	<u>0.23</u>
	$\chi_z :$	<u>0.23</u>
$\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.	$\bar{\lambda}_y :$	<u>1.83</u>
	$\bar{\lambda}_z :$	<u>1.83</u>
$\alpha_y, \alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.	$\alpha_y :$	<u>0.60</u>
	$\alpha_z :$	<u>0.60</u>

### **Resistencia a flexión, axil y cortante combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.334 m del nudo N84, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2} \quad \mathbf{0.025 \leq 3.884}$$

Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	$V_{Ed,z} :$	<u>0.025 t</u>
$V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	$V_{c,Rd,z} :$	<u>7.769 t</u>

### **Resistencia a torsión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

### **Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

### **Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

## 3.2. Placas de anclaje:

### 3.2.1.- Placas de anclaje

#### 3.2.1.1.- Descripción

Descripción				
Referencia	Placa base	Disposición	Rigidizadores	Pernos
N1,N6,N11,N16,N21,N26	Ancho X: 750 mm Ancho Y: 950 mm Espesor: 35 mm	Posición X: Centrada Posición Y: Centrada	Paralelos X: - Paralelos Y: 2(300x80x14.0)	10Ø40 mm L=90 cm Prolongación recta
N3,N8,N13,N18,N23,N28	Ancho X: 650 mm Ancho Y: 850 mm Espesor: 30 mm	Posición X: Centrada Posición Y: Centrada	Paralelos X: - Paralelos Y: 2(250x80x11.0)	6Ø32 mm L=125 cm Prolongación recta
N31,N32,N33,N34	Ancho X: 600 mm Ancho Y: 600 mm Espesor: 30 mm	Posición X: Centrada Posición Y: Centrada	Paralelos X: - Paralelos Y: 2(200x35x10.0)	8Ø25 mm L=90 cm Prolongación recta
N78,N79,N86	Ancho X: 400 mm Ancho Y: 400 mm Espesor: 15 mm	Posición X: Centrada Posición Y: Centrada	Paralelos X: - Paralelos Y: 2(100x0x6.0)	4Ø20 mm L=45 cm Prolongación recta
N80	Ancho X: 450 mm Ancho Y: 450 mm Espesor: 18 mm	Posición X: Centrada Posición Y: Centrada	Paralelos X: - Paralelos Y: 2(100x0x5.0)	4Ø20 mm L=70 cm Prolongación recta

#### 3.2.1.2.- Medición placas de anclaje

Pilares	Acero	Peso kp	Totales kp
N1, N6, N11, N16, N21, N26	S275	6 x 247.76	
N3, N8, N13, N18, N23, N28	S275	6 x 161.82	
N31, N32, N33, N34	S275	4 x 99.35	
N78, N79, N86	S275	3 x 21.67	
N80	S275	1 x 31.40	
			2951.29
Totales			2951.29

#### 3.2.1.3.- Medición pernos placas de anclaje

Pilares	Pernos	Acero	Longitud m	Peso kp	Totales m	Totales kp
N1, N6, N11, N16, N21, N26	60Ø40 mm L=100 cm	B 400 S, Ys = 1.15 (corrugado)	60 x 1.00	60 x 9.82		
N3, N8, N13, N18, N23, N28	36Ø32 mm L=133 cm	B 400 S, Ys = 1.15 (corrugado)	36 x 1.33	36 x 8.41		

Pilares	Pernos	Acero	Longitud m	Peso kp	Totales m	Totales kp
N31, N32, N33, N34	32Ø25 mm L=98 cm	B 400 S, Ys = 1.15 (corrugado)	32 x 0.98	32 x 3.76		
N78, N79, N86	12Ø20 mm L=51 cm	B 400 S, Ys = 1.15 (corrugado)	12 x 0.51	12 x 1.25		
N80	4Ø20 mm L=76 cm	B 400 S, Ys = 1.15 (corrugado)	4 x 0.76	4 x 1.87		
					147.94	1034.30
Totales					147.94	1034.30



## 4.- CIMENTACIÓN:

### 4.1.- Elementos de cimentación aislados

#### 4.1.1.- Descripción

Referencias	Geometría	Armado
N3	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 32.5 cm Ancho inicial Y: 182.5 cm Ancho final X: 152.5 cm Ancho final Y: 182.5 cm Ancho zapata X: 185.0 cm Ancho zapata Y: 365.0 cm Canto: 135.0 cm	Sup X: 22Ø16c/16 Sup Y: 11Ø16c/16 Inf X: 22Ø16c/16 Inf Y: 11Ø16c/16
N8, N13, N18, N23 y N28	Zapata rectangular centrada Ancho zapata X: 315.0 cm Ancho zapata Y: 455.0 cm Canto: 135.0 cm	Sup X: 28Ø16c/16 Sup Y: 19Ø16c/16 Inf X: 28Ø16c/16 Inf Y: 19Ø16c/16
N34	Zapata rectangular centrada Ancho zapata X: 190.0 cm Ancho zapata Y: 290.0 cm Canto: 100.0 cm	Sup X: 23Ø12c/12.5 Sup Y: 15Ø12c/12.5 Inf X: 23Ø12c/12.5 Inf Y: 15Ø12c/12.5
N33 y N31	Zapata rectangular centrada Ancho zapata X: 230.0 cm Ancho zapata Y: 330.0 cm Canto: 100.0 cm	Sup X: 26Ø12c/12.5 Sup Y: 18Ø12c/12.5 Inf X: 26Ø12c/12.5 Inf Y: 18Ø12c/12.5
N32	Zapata rectangular centrada Ancho zapata X: 270.0 cm Ancho zapata Y: 390.0 cm Canto: 100.0 cm	Sup X: 31Ø12c/12.5 Sup Y: 21Ø12c/12.5 Inf X: 31Ø12c/12.5 Inf Y: 21Ø12c/12.5
N26, N21, N16, N11 y N6	Zapata rectangular centrada Ancho zapata X: 325.0 cm Ancho zapata Y: 465.0 cm Canto: 100.0 cm	Sup X: 37Ø12c/12.5 Sup Y: 25Ø12c/12.5 Inf X: 37Ø12c/12.5 Inf Y: 25Ø12c/12.5
N1	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 37.5 cm Ancho inicial Y: 227.5 cm Ancho final X: 187.5 cm Ancho final Y: 227.5 cm Ancho zapata X: 225.0 cm Ancho zapata Y: 455.0 cm Canto: 100.0 cm	Sup X: 36Ø12c/12.5 Sup Y: 17Ø12c/12.5 Inf X: 36Ø12c/12.5 Inf Y: 11Ø16c/20
N78, N86 y N79	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 105.0 cm Ancho inicial Y: 105.0 cm Ancho final X: 105.0 cm Ancho final Y: 105.0 cm Ancho zapata X: 210.0 cm Ancho zapata Y: 210.0 cm Canto: 55.0 cm	Sup X: 9Ø12c/22 Sup Y: 9Ø12c/22 Inf X: 9Ø12c/22 Inf Y: 9Ø12c/22
N80	Zapata rectangular centrada Ancho zapata X: 155.0 cm Ancho zapata Y: 235.0 cm Canto: 80.0 cm	Sup X: 9Ø16c/27 Sup Y: 6Ø16c/27 Inf X: 9Ø16c/27 Inf Y: 6Ø16c/27

#### 4.1.2.- Medición

Referencia: N3	B 500 S, CN	Total
Nombre de armado	Ø16	

Referencia: N3		B 500 S, CN	Total
Nombre de armado		Ø16	
Parrilla inferior - Armado X	Longitud (m)	22x2.05	45.10
	Peso (kg)	22x3.24	71.18
Parrilla inferior - Armado Y	Longitud (m)	11x3.55	39.05
	Peso (kg)	11x5.60	61.63
Parrilla superior - Armado X	Longitud (m)	22x2.11	46.42
	Peso (kg)	22x3.33	73.27
Parrilla superior - Armado Y	Longitud (m)	11x3.55	39.05
	Peso (kg)	11x5.60	61.63
Totales	Longitud (m)	169.62	
	Peso (kg)	267.71	267.71
Total con mermas (10.00%)	Longitud (m)	186.58	
	Peso (kg)	294.48	294.48

Referencias: N8, N13, N18, N23 y N28		B 500 S, CN	Total
Nombre de armado		Ø16	
Parrilla inferior - Armado X	Longitud (m)	28x3.35	93.80
	Peso (kg)	28x5.29	148.05
Parrilla inferior - Armado Y	Longitud (m)	19x4.45	84.55
	Peso (kg)	19x7.02	133.45
Parrilla superior - Armado X	Longitud (m)	28x3.41	95.48
	Peso (kg)	28x5.38	150.70
Parrilla superior - Armado Y	Longitud (m)	19x4.45	84.55
	Peso (kg)	19x7.02	133.45
Totales	Longitud (m)	358.38	
	Peso (kg)	565.65	565.65
Total con mermas (10.00%)	Longitud (m)	394.22	
	Peso (kg)	622.22	622.22

Referencia: N34		B 500 S, CN	Total
Nombre de armado		Ø12	
Parrilla inferior - Armado X	Longitud (m)	23x2.09	48.07
	Peso (kg)	23x1.86	42.68
Parrilla inferior - Armado Y	Longitud (m)	15x2.80	42.00
	Peso (kg)	15x2.49	37.29
Parrilla superior - Armado X	Longitud (m)	23x2.09	48.07
	Peso (kg)	23x1.86	42.68
Parrilla superior - Armado Y	Longitud (m)	15x2.80	42.00
	Peso (kg)	15x2.49	37.29
Totales	Longitud (m)	180.14	
	Peso (kg)	159.94	159.94
Total con mermas (10.00%)	Longitud (m)	198.15	
	Peso (kg)	175.93	175.93

Referencias: N33 y N31		B 500 S, CN	Total
Nombre de armado		Ø12	
Parrilla inferior - Armado X	Longitud (m)	26x2.49	64.74
	Peso (kg)	26x2.21	57.48
Parrilla inferior - Armado Y	Longitud (m)	18x3.20	57.60
	Peso (kg)	18x2.84	51.14
Parrilla superior - Armado X	Longitud (m)	26x2.49	64.74
	Peso (kg)	26x2.21	57.48
Parrilla superior - Armado Y	Longitud (m)	18x3.20	57.60
	Peso (kg)	18x2.84	51.14
Totales	Longitud (m)	244.68	
	Peso (kg)	217.24	217.24

Referencias: N33 y N31		B 500 S, CN		Total
Nombre de armado		Ø12		
Total con mermas (10.00%)	Longitud (m) Peso (kg)	269.15 238.96		238.96
Referencia: N32		B 500 S, CN		Total
Nombre de armado		Ø12		
Parrilla inferior - Armado X	Longitud (m) Peso (kg)	31x2.60 31x2.31		80.60 71.56
Parrilla inferior - Armado Y	Longitud (m) Peso (kg)	21x3.80 21x3.37		79.80 70.85
Parrilla superior - Armado X	Longitud (m) Peso (kg)	31x2.60 31x2.31		80.60 71.56
Parrilla superior - Armado Y	Longitud (m) Peso (kg)	21x3.80 21x3.37		79.80 70.85
Totales	Longitud (m) Peso (kg)	320.80 284.82		284.82
Total con mermas (10.00%)	Longitud (m) Peso (kg)	352.88 313.30		313.30
Referencias: N26, N21, N16, N11 y N6			B 500 S, CN	Total
Nombre de armado			Ø12	
Parrilla inferior - Armado X	Longitud (m) Peso (kg)	37x3.15 37x2.80		116.55 103.48
Parrilla inferior - Armado Y	Longitud (m) Peso (kg)	25x4.55 25x4.04		113.75 100.99
Parrilla superior - Armado X	Longitud (m) Peso (kg)	37x3.15 37x2.80		116.55 103.48
Parrilla superior - Armado Y	Longitud (m) Peso (kg)	25x4.55 25x4.04		113.75 100.99
Totales	Longitud (m) Peso (kg)	460.60 408.94		408.94
Total con mermas (10.00%)	Longitud (m) Peso (kg)	506.66 449.83		449.83
Referencia: N1		B 500 S, CN		Total
Nombre de armado		Ø12	Ø16	
Parrilla inferior - Armado X	Longitud (m) Peso (kg)	36x2.44 36x2.17		87.84 77.99
Parrilla inferior - Armado Y	Longitud (m) Peso (kg)		11x4.45 11x7.02	48.95 77.26
Parrilla superior - Armado X	Longitud (m) Peso (kg)	36x2.44 36x2.17		87.84 77.99
Parrilla superior - Armado Y	Longitud (m) Peso (kg)	17x4.45 17x3.95		75.65 67.16
Totales	Longitud (m) Peso (kg)	251.33 223.14	48.95 77.26	300.40
Total con mermas (10.00%)	Longitud (m) Peso (kg)	276.46 245.45	53.85 84.99	330.44
Referencias: N78, N86 y N79		B 500 S, CN		Total
Nombre de armado		Ø12		
Parrilla inferior - Armado X	Longitud (m) Peso (kg)	9x2.00 9x1.78		18.00 15.98
Parrilla inferior - Armado Y	Longitud (m) Peso (kg)	9x2.00 9x1.78		18.00 15.98
Parrilla superior - Armado X	Longitud (m) Peso (kg)	9x2.00 9x1.78		18.00 15.98

Referencias: N78, N86 y N79		B 500 S, CN	Total
Nombre de armado		Ø12	
Parrilla superior - Armado Y	Longitud (m)	9x2.00	18.00
	Peso (kg)	9x1.78	15.98
Totales	Longitud (m)	72.00	
	Peso (kg)	63.92	63.92
Total con mermas (10.00%)	Longitud (m)	79.20	
	Peso (kg)	70.31	70.31
Referencia: N80		B 500 S, CN	Total
Nombre de armado		Ø16	
Parrilla inferior - Armado X	Longitud (m)	9x1.75	15.75
	Peso (kg)	9x2.76	24.86
Parrilla inferior - Armado Y	Longitud (m)	6x2.25	13.50
	Peso (kg)	6x3.55	21.31
Parrilla superior - Armado X	Longitud (m)	9x1.81	16.29
	Peso (kg)	9x2.86	25.71
Parrilla superior - Armado Y	Longitud (m)	6x2.25	13.50
	Peso (kg)	6x3.55	21.31
Totales	Longitud (m)	59.04	
	Peso (kg)	93.19	93.19
Total con mermas (10.00%)	Longitud (m)	64.94	
	Peso (kg)	102.51	102.51

Resumen de medición (se incluyen mermas de acero)

Elemento	B 500 S, CN (kg)			Hormigón (m³)	
	Ø12	Ø16	Total	HA-25, Control Estadístico	Limpieza
Referencia: N3		294.48	294.48	9.12	0.68
Referencias: N8, N13, N18, N23 y N28		5x622.22	3111.10	5x19.35	5x1.43
Referencia: N34	175.93		175.93	5.51	0.55
Referencias: N33 y N31	2x238.96		477.92	2x7.59	2x0.76
Referencia: N32	313.30		313.30	10.53	1.05
Referencias: N26, N21, N16, N11 y N6	5x449.83		2249.15	5x15.11	5x1.51
Referencia: N1	245.45	84.99	330.44	10.24	1.02
Referencias: N78, N86 y N79	3x70.31		210.93	3x2.43	3x0.44
Referencia: N80		102.51	102.51	2.91	0.36
Totales	3672.68	3593.08	7265.76	233.07	21.23

#### 4.1.3.- Comprobación

Referencia: N3		
Dimensiones: 185 x 365 x 135		
Armados: Xi:Ø16c/16 Yi:Ø16c/16 Xs:Ø16c/16 Ys:Ø16c/16		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 2 kp/cm² Calculado: 1.186 kp/cm²	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 2.5 kp/cm² Calculado: 1.554 kp/cm²	Cumple

Referencia: N3		
Dimensiones: 185 x 365 x 135		
Armados: Xi:Ø16c/16 Yi:Ø16c/16 Xs:Ø16c/16 Ys:Ø16c/16		
Comprobación	Valores	Estado
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 2.5 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 2.373 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple
Vuelco de la zapata:		No procede
- En dirección X <sup>(1)</sup>		
- En dirección Y:		
<i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i>	Reserva seguridad: 63.2 %	Cumple
<b>(1) Sin momento de vuelco</b>		
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 35.46 t·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 36.19 t·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 0.00 t	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 8.19 t	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
- Situaciones persistentes:	Máximo: 509.68 t/m <sup>2</sup> Calculado: 16.78 t/m <sup>2</sup>	Cumple
<i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
Canto mínimo:	Mínimo: 25 cm Calculado: 135 cm	Cumple
<i>Artículo 59.8.1 de la norma EHE-98</i>		
Espacio para anclar arranques en cimentación:		
- N3:	Mínimo: 125 cm Calculado: 127 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima:		
<i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Mínimo: 0.0018	
- En dirección X:	Calculado: 0.0019	Cumple
- En dirección Y:	Calculado: 0.0019	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión:		
<i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-98</i>	Calculado: 0.001	
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0003	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0005	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0002	Cumple
Diámetro mínimo de las barras:		
<i>Recomendación del Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i>	Mínimo: 12 mm	
- Parrilla inferior:	Calculado: 16 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 16 mm	Cumple
Separación máxima entre barras:		
<i>Artículo 59.8.2 de la norma EHE-98</i>	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 16 cm	Cumple

Referencia: N3 Dimensiones: 185 x 365 x 135 Armados: Xi:Ø16c/16 Yi:Ø16c/16 Xs:Ø16c/16 Ys:Ø16c/16		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado superior dirección X:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 16 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Recomendación del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 16 cm	Cumple
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>		
- Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 16 cm Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 0 cm Calculado: 0 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 16 cm Calculado: 34 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 16 cm Calculado: 34 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 19 cm Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 0 cm Calculado: 0 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 19 cm Calculado: 34 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 19 cm Calculado: 34 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas: - Armado inf. dirección X hacia der: - Armado inf. dirección X hacia izq: - Armado sup. dirección X hacia der: - Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 16 cm Calculado: 16 cm Calculado: 16 cm Calculado: 19 cm Calculado: 19 cm	Cumple Cumple Cumple Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Referencia: N8 Dimensiones: 315 x 455 x 135 Armados: Xi:Ø16c/16 Yi:Ø16c/16 Xs:Ø16c/16 Ys:Ø16c/16		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 2 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 0.652 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple

Referencia: N8 Dimensiones: 315 x 455 x 135 Armados: Xi:Ø16c/16 Yi:Ø16c/16 Xs:Ø16c/16 Ys:Ø16c/16		
Comprobación	Valores	Estado
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 2.5 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 0.965 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 2.5 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 1.305 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple
<b>Vuelco de la zapata:</b> <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i>		
- En dirección X:	Reserva seguridad: 174.9 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 28.4 %	Cumple
<b>Flexión en la zapata:</b>		
- En dirección X:	Momento: 12.70 t·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 54.02 t·m	Cumple
<b>Cortante en la zapata:</b>		
- En dirección X:	Cortante: 0.79 t	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 21.31 t	Cumple
<b>Compresión oblicua en la zapata:</b>		
- Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Máximo: 509.68 t/m <sup>2</sup> Calculado: 12.64 t/m <sup>2</sup>	Cumple
<b>Canto mínimo:</b> <i>Artículo 59.8.1 de la norma EHE-98</i>		
	Mínimo: 25 cm Calculado: 135 cm	Cumple
<b>Espacio para anclar arranques en cimentación:</b>		
- N8:	Mínimo: 125 cm Calculado: 127 cm	Cumple
<b>Cuantía geométrica mínima:</b> <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
- En dirección X:	Mínimo: 0.0018 Calculado: 0.0019	Cumple
- En dirección Y:	Calculado: 0.0019	Cumple
<b>Cuantía mínima necesaria por flexión:</b> <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-98</i>		
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.001 Mínimo: 0.0001	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0004	Cumple
- Armado superior dirección X:	Mínimo: 0.0001	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0002	Cumple
<b>Diámetro mínimo de las barras:</b> <i>Recomendación del Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i>		
- Parrilla inferior:	Mínimo: 12 mm Calculado: 16 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 16 mm	Cumple
<b>Separación máxima entre barras:</b> <i>Artículo 59.8.2 de la norma EHE-98</i>		
- Armado inferior dirección X:	Máximo: 30 cm Calculado: 16 cm	Cumple

Referencia: N8		
Dimensiones: 315 x 455 x 135		
Armados: Xi:Ø16c/16 Yi:Ø16c/16 Xs:Ø16c/16 Ys:Ø16c/16		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 16 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Recomendación del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 16 cm	Cumple
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>		
- Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 16 cm Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 16 cm Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 16 cm Calculado: 79 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 16 cm Calculado: 79 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 19 cm Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 19 cm Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 19 cm Calculado: 79 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 19 cm Calculado: 79 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:	Mínimo: 16 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 19 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Referencia: N13		
Dimensiones: 315 x 455 x 135		
Armados: Xi:Ø16c/16 Yi:Ø16c/16 Xs:Ø16c/16 Ys:Ø16c/16		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		



Referencia: N13		
Dimensiones: 315 x 455 x 135		
Armados: Xi:Ø16c/16 Yi:Ø16c/16 Xs:Ø16c/16 Ys:Ø16c/16		
Comprobación	Valores	Estado
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 2 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 0.63 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 2.5 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 0.935 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 2.5 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 1.26 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple
Vuelco de la zapata:		
<i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i>		
- En dirección X:	Reserva seguridad: 1392.4 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 117.1 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 12.16 t·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 52.17 t·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 0.73 t	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 20.52 t	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
- Situaciones persistentes:	Máximo: 509.68 t/m <sup>2</sup> Calculado: 12.76 t/m <sup>2</sup>	Cumple
<i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
Canto mínimo:		
<i>Artículo 59.8.1 de la norma EHE-98</i>		
	Mínimo: 25 cm Calculado: 135 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación:		
- N13:	Mínimo: 125 cm Calculado: 127 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima:		
<i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
- En dirección X:	Mínimo: 0.0018 Calculado: 0.0019	Cumple
- En dirección Y:	Calculado: 0.0019	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión:		
<i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-98</i>		
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.001 Mínimo: 0.0001	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0004	Cumple
- Armado superior dirección X:	Mínimo: 0.0001	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0002	Cumple
Diámetro mínimo de las barras:		
<i>Recomendación del Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i>		
- Parrilla inferior:	Mínimo: 12 mm Calculado: 16 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 16 mm	Cumple

Referencia: N13 Dimensiones: 315 x 455 x 135 Armados: Xi:Ø16c/16 Yi:Ø16c/16 Xs:Ø16c/16 Ys:Ø16c/16		
Comprobación	Valores	Estado
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 59.8.2 de la norma EHE-98</i>	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 16 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Recomendación del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 16 cm	Cumple
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>		
- Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 16 cm Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 16 cm Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 16 cm Calculado: 79 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 16 cm Calculado: 79 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 19 cm Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 19 cm Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 19 cm Calculado: 79 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 19 cm Calculado: 79 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:	Mínimo: 16 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 19 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

## 4.2.- VIGAS:

### 4.2.1.- Descripción

Referencias	Geometría	Armado
VC.S-3 [N3-N8]	Ancho: 40.0 cm Canto: 60.0 cm	Superior: 5 Ø25 Inferior: 5 Ø25 Piel: 1x2 Ø12 Estribos: 1xØ8c/30
C [N8-N13], C [N13-N18], C [N18-N23], C [N23-N28], C [N26-N21], C [N21-N16], C [N16-N11] y C [N11-N6]	Ancho: 40.0 cm Canto: 40.0 cm	Superior: 2 Ø20 Inferior: 2 Ø20 Estribos: 1xØ8c/25
C [N28-N34] y C [N78-N86]	Ancho: 40.0 cm Canto: 40.0 cm	Superior: 2 Ø20 Inferior: 2 Ø20 Estribos: 1xØ8c/25
C [N33-N32]	Ancho: 40.0 cm Canto: 40.0 cm	Superior: 2 Ø20 Inferior: 2 Ø20 Estribos: 1xØ8c/25
C [N32-N31]	Ancho: 40.0 cm Canto: 40.0 cm	Superior: 2 Ø20 Inferior: 2 Ø20 Estribos: 1xØ8c/25
C [N31-N26]	Ancho: 40.0 cm Canto: 40.0 cm	Superior: 2 Ø20 Inferior: 2 Ø20 Estribos: 1xØ8c/25
VC.S-3 [N6-N1]	Ancho: 40.0 cm Canto: 60.0 cm	Superior: 5 Ø25 Inferior: 5 Ø25 Piel: 1x2 Ø12 Estribos: 1xØ8c/30
C [N80-N33]	Ancho: 40.0 cm Canto: 40.0 cm	Superior: 2 Ø20 Inferior: 2 Ø20 Estribos: 1xØ8c/25
C [N28-N78] y C [N79-N80]	Ancho: 40.0 cm Canto: 40.0 cm	Superior: 2 Ø20 Inferior: 2 Ø20 Estribos: 1xØ8c/25
C [N86-N79] y C [N34-N80]	Ancho: 40.0 cm Canto: 40.0 cm	Superior: 2 Ø20 Inferior: 2 Ø20 Estribos: 1xØ8c/25

### 4.2.2.- Medición

Referencia: VC.S-3 [N3-N8]		B 500 S, CN			Total
Nombre de armado		Ø8	Ø12	Ø25	
Armado viga - Armado de piel	Longitud (m)		2x6.82		13.64
	Peso (kg)		2x6.06		12.11
Armado viga - Armado inferior	Longitud (m)			5x7.52	37.60
	Peso (kg)			5x28.98	144.89
Armado viga - Armado superior	Longitud (m)			5x7.76	38.80
	Peso (kg)			5x29.90	149.51
Armado viga - Estribo	Longitud (m)	12x1.73			20.76
	Peso (kg)	12x0.68			8.19
Totales	Longitud (m)	20.76	13.64	76.40	
	Peso (kg)	8.19	12.11	294.40	314.70
Total con mermas (10.00%)	Longitud (m)	22.84	15.00	84.04	
	Peso (kg)	9.01	13.32	323.84	346.17

Referencias: C [N8-N13], C [N13-N18], C [N18-N23], C [N23-N28], C [N26-N21], C [N21-N16], C [N16-N11] y C [N11-N6]					B 500 S, CN		Total
Nombre de armado					Ø8	Ø20	

Referencias: C [N8-N13], C [N13-N18], C [N18-N23], C [N23-N28], C [N26-N21], C [N21-N16], C [N16-N11] y C [N11-N6]			B 500 S, CN		Total
Nombre de armado			Ø8	Ø20	
Armado viga - Armado inferior	Longitud (m)			2x6.80	13.6
	Peso (kg)			2x16.77	0 33.54
Armado viga - Armado superior	Longitud (m)			2x6.96	13.9
	Peso (kg)			2x17.16	2 34.33
Armado viga - Estribo	Longitud (m)		14x1.33		18.6
	Peso (kg)		14x0.52		2 7.35
Totales	Longitud (m)		18.62	27.52	
	Peso (kg)		7.35	67.87	75.22
Total con mermas (10.00%)	Longitud (m)		20.48	30.27	
	Peso (kg)		8.09	74.65	82.74

Referencias: C [N28-N34] y C [N78-N86]		B 500 S, CN		Total
Nombre de armado		Ø8	Ø20	
Armado viga - Armado inferior	Longitud (m)		2x6.00	12.00
	Peso (kg)		2x14.80	29.59
Armado viga - Armado superior	Longitud (m)		2x6.16	12.32
	Peso (kg)		2x15.19	30.38
Armado viga - Estribo	Longitud (m)	11x1.33		14.63
	Peso (kg)	11x0.52		5.77
Totales	Longitud (m)	14.63	24.32	
	Peso (kg)	5.77	59.97	65.74
Total con mermas (10.00%)	Longitud (m)	16.09	26.75	
	Peso (kg)	6.35	65.96	72.31

Referencia: C [N33-N32]		B 500 S, CN		Total
Nombre de armado		Ø8	Ø20	
Armado viga - Armado inferior	Longitud (m)		2x7.01	14.02
	Peso (kg)		2x17.29	34.58
Armado viga - Armado superior	Longitud (m)		2x7.17	14.34
	Peso (kg)		2x17.68	35.36
Armado viga - Estribo	Longitud (m)	18x1.33		23.94
	Peso (kg)	18x0.52		9.45
Totales	Longitud (m)	23.94	28.36	
	Peso (kg)	9.45	69.94	79.39
Total con mermas (10.00%)	Longitud (m)	26.33	31.20	
	Peso (kg)	10.40	76.93	87.33

Referencia: C [N32-N31]		B 500 S, CN		Total
Nombre de armado		Ø8	Ø20	
Armado viga - Armado inferior	Longitud (m)		2x5.74	11.48
	Peso (kg)		2x14.16	28.31
Armado viga - Armado superior	Longitud (m)		2x5.90	11.80
	Peso (kg)		2x14.55	29.10
Armado viga - Estribo	Longitud (m)	13x1.33		17.29
	Peso (kg)	13x0.52		6.82
Totales	Longitud (m)	17.29	23.28	
	Peso (kg)	6.82	57.41	64.23

Referencia: C [N32-N31]		B 500 S, CN		Total	
Nombre de armado		Ø8	Ø20		
Total con mermas (10.00%)	Longitud (m) Peso (kg)	19.02 7.50	25.61 63.15	70.65	
Referencia: C [N31-N26]		B 500 S, CN		Total	
Nombre de armado		Ø8	Ø20		
Armado viga - Armado inferior	Longitud (m)		2x5.57	11.14	
	Peso (kg)		2x13.74	27.47	
Armado viga - Armado superior	Longitud (m)		2x5.73	11.46	
	Peso (kg)		2x14.13	28.26	
Armado viga - Estribo	Longitud (m)	8x1.33		10.64	
	Peso (kg)	8x0.52		4.20	
Totales	Longitud (m)	10.64	22.60		
	Peso (kg)	4.20	55.73	59.93	
Total con mermas (10.00%)	Longitud (m)	11.70	24.86		
	Peso (kg)	4.62	61.30	65.92	
Referencia: VC.S-3 [N6-N1]		B 500 S, CN			Total
Nombre de armado		Ø8	Ø12	Ø25	
Armado viga - Armado de piel	Longitud (m)		2x6.84		13.68
	Peso (kg)		2x6.07		12.15
Armado viga - Armado inferior	Longitud (m)			5x7.59	37.95
	Peso (kg)			5x29.25	146.24
Armado viga - Armado superior	Longitud (m)			5x7.83	39.15
	Peso (kg)			5x30.17	150.86
Armado viga - Estribo	Longitud (m)	11x1.73			19.03
	Peso (kg)	11x0.68			7.51
Totales	Longitud (m)	19.03	13.68	77.10	
	Peso (kg)	7.51	12.15	297.10	316.76
Total con mermas (10.00%)	Longitud (m)	20.93	15.05	84.81	
	Peso (kg)	8.26	13.37	326.81	348.44
Referencia: C [N80-N33]		B 500 S, CN		Total	
Nombre de armado		Ø8	Ø20		
Armado viga - Armado inferior	Longitud (m)		2x3.55	7.10	
	Peso (kg)		2x8.75	17.51	
Armado viga - Armado superior	Longitud (m)		2x3.71	7.42	
	Peso (kg)		2x9.15	18.30	
Armado viga - Estribo	Longitud (m)	6x1.33		7.98	
	Peso (kg)	6x0.52		3.15	
Totales	Longitud (m)	7.98	14.52		
	Peso (kg)	3.15	35.81	38.96	
Total con mermas (10.00%)	Longitud (m)	8.78	15.97		
	Peso (kg)	3.47	39.39	42.86	
Referencias: C [N28-N78] y C [N79-N80]			B 500 S, CN		Total
Nombre de armado			Ø8	Ø20	
Armado viga - Armado inferior	Longitud (m)			2x6.46	12.92
	Peso (kg)			2x15.93	31.86
Armado viga - Armado superior	Longitud (m)			2x6.62	13.24
	Peso (kg)			2x16.33	32.65
Armado viga - Estribo	Longitud (m)	15x1.33			19.95
	Peso (kg)	15x0.52			7.87
Totales	Longitud (m)	19.95		26.16	
	Peso (kg)	7.87		64.51	72.38
Total con mermas (10.00%)	Longitud (m)	21.95		28.78	
	Peso (kg)	8.66		70.96	79.62
Referencias: C [N86-N79] y C [N34-N80]			B 500 S, CN		Total

Nombre de armado		Ø8	Ø20	
Armado viga - Armado inferior	Longitud (m)		2x3.05	6.10
	Peso (kg)		2x7.52	15.04
Armado viga - Armado superior	Longitud (m)		2x3.21	6.42
	Peso (kg)		2x7.92	15.83
Armado viga - Estribo	Longitud (m)	4x1.33		5.32
	Peso (kg)	4x0.52		2.10
Totales	Longitud (m)	5.32	12.52	
	Peso (kg)	2.10	30.87	32.97
Total con mermas (10.00%)	Longitud (m)	5.85	13.77	
	Peso (kg)	2.31	33.96	36.27

Resumen de medición (se incluyen mermas de acero)

Elemento	B 500 S, CN (kg)					Hormigón (m³)	
	Ø8	Ø12	Ø20	Ø25	Total	HA-25, Control Estadístico	Limpieza
Referencia: VC.S-3 [N3-N8]	9.01	13.32		323.84	346.17	0.79	0.13
Referencias: C [N8-N13], C [N13-N18], C [N18-N23], C [N23-N28], C [N26-N21], C [N21-N16], C [N16-N11] y C [N11-N6]	8x8.08		8x74.66		661.92	8x0.52	8x0.13
Referencias: C [N28-N34] y C [N78-N86]	2x6.34		2x65.97		144.62	2x0.38	2x0.09
Referencia: C [N33-N32]	10.40		76.93		87.33	0.66	0.16
Referencia: C [N32-N31]	7.50		63.15		70.65	0.45	0.11
Referencia: C [N31-N26]	4.62		61.30		65.92	0.27	0.07
Referencia: VC.S-3 [N6-N1]	8.26	13.37		326.81	348.44	0.70	0.12
Referencia: C [N80-N33]	3.47		39.39		42.86	0.20	0.05
Referencias: C [N28-N78] y C [N79-N80]	2x8.66		2x70.96		159.24	2x0.55	2x0.14
Referencias: C [N86-N79] y C [N34-N80]	2x2.31		2x33.96		72.54	2x0.09	2x0.02
Totales	142.52	26.69	1179.83	650.65	1999.69	9.26	2.19

#### 4.2.3.- Comprobación

Referencia: VC.S-3 [N3-N8] (Viga centradora) -Dimensiones: 40.0 cm x 60.0 cm -Armadura superior: 5 Ø25 -Armadura de piel: 1x2 Ø12 -Armadura inferior: 5 Ø25 -Estribos: 1xØ8c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Recomendación para el ancho mínimo de la viga centradora: <i>Criterio de CYPE Ingenieros: El ancho de la viga debe ser mayor o igual a un veinteavo de la luz de cálculo, y no inferior a 20 cm.</i>	Mínimo: 20 cm Calculado: 40 cm	Cumple
Recomendación para el canto mínimo de la viga centradora: <i>Criterio de CYPE Ingenieros: El canto de la viga debe ser mayor o igual a un doceavo de la luz de cálculo, y no inferior a 25 cm.</i>	Mínimo: 32.5 cm Calculado: 60 cm	Cumple
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 8 mm Calculado: 8 mm	Cumple
Separación mínima entre estribos: <i>Artículo 66.4.1 de la norma EHE-98</i>	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 29.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: <i>Artículo 66.4.1 de la norma EHE-98</i> - Armadura superior: - Armadura inferior:	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 3.9 cm Calculado: 3.9 cm	Cumple Cumple

Referencia: VC.S-3 [N3-N8] (Viga centradora) -Dimensiones: 40.0 cm x 60.0 cm -Armadura superior: 5 Ø25 -Armadura de piel: 1x2 Ø12 -Armadura inferior: 5 Ø25 -Estribos: 1xØ8c/30		
Comprobación	Valores	Estado
- Armadura de piel:	Calculado: 21.1 cm	Cumple
Separación máxima estribos: - Situaciones persistentes: <i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-98</i>	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: <i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-98</i> - Armadura superior: - Armadura inferior: - Armadura de piel:	Máximo: 30 cm Calculado: 3.9 cm Calculado: 3.9 cm Calculado: 21.1 cm	Cumple Cumple Cumple
Cuantía mínima para los estribos: - Situaciones persistentes: <i>Norma EHE-98. Artículo 44.2.3.4.1</i>	Mínimo: 3.06 cm <sup>2</sup> /m Calculado: 3.35 cm <sup>2</sup> /m	Cumple
Cuantía geométrica mínima armadura traccionada: <i>Norma EHE. Artículo 42.3.5 (pag.152).</i> - Armadura inferior (Situaciones persistentes): - Armadura superior (Situaciones persistentes):	Mínimo: 0.0028 Calculado: 0.0102 Calculado: 0.0102	Cumple Cumple
Armadura mínima por cuantía mecánica de flexión compuesta: <i>Se aplica la reducción del artículo 42.3.2 (norma EHE-98)</i> - Armadura inferior (Situaciones persistentes): - Armadura superior (Situaciones persistentes):	Mínimo: 3.68 cm <sup>2</sup> Calculado: 24.54 cm <sup>2</sup> Calculado: 24.54 cm <sup>2</sup>	Cumple Cumple
Comprobación de armadura necesaria por cálculo a flexión compuesta: Situaciones persistentes:	Momento flector: 32.30 t·m Axil: ± -0.00 t Momento flector: -29.77 t·m Axil: ± -0.00 t	Cumple Cumple
Longitud de anclaje barras superiores origen: - Situaciones persistentes: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 25 cm	Cumple
Longitud de anclaje barras inferiores origen: - Situaciones persistentes: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 25 cm	Cumple
Longitud de anclaje de las barras de piel origen: - Situaciones persistentes: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i>	Mínimo: 27 cm Calculado: 28 cm	Cumple

Referencia: VC.S-3 [N3-N8] (Viga centradora) -Dimensiones: 40.0 cm x 60.0 cm -Armadura superior: 5 Ø25 -Armadura de piel: 1x2 Ø12 -Armadura inferior: 5 Ø25 -Estribos: 1xØ8c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Longitud de anclaje barras superiores extremo: - Situaciones persistentes: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i>	Mínimo: 83 cm Calculado: 84 cm	Cumple
Longitud de anclaje barras inferiores extremo: - Situaciones persistentes: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i>	Mínimo: 59 cm Calculado: 60 cm	Cumple
Longitud de anclaje de las barras de piel extremo: - Situaciones persistentes: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i>	Mínimo: 27 cm Calculado: 28 cm	Cumple
Comprobación de cortante: - Situaciones persistentes:	Cortante: 6.63 t	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Referencia: C.3.1 [N8-N13] (Viga de atado) -Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm -Armadura superior: 2 Ø20 -Armadura inferior: 2 Ø20 -Estribos: 1xØ8c/25		
Comprobación	Valores	Estado
Recomendación para el ancho mínimo de la viga de atado: <i>J. Calavera, 'Cálculo de Estructuras de Cimentación' 4ª edición, INTEMAC. Apartado 3.15 (pag.126).</i>	Mínimo: 16.2 cm Calculado: 40 cm	Cumple
Recomendación para el canto mínimo de la viga de atado: <i>J. Calavera, 'Cálculo de Estructuras de Cimentación' 4ª edición, INTEMAC. Apartado 3.15 (pag.126).</i>	Mínimo: 16.2 cm Calculado: 40 cm	Cumple
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 6 mm Calculado: 8 mm	Cumple
Separación mínima entre estribos: <i>Artículo 66.4.1 de la norma EHE-98</i>	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 24.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: <i>Artículo 66.4.1 de la norma EHE-98</i> - Armadura superior: - Armadura inferior:	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 24.4 cm Calculado: 24.4 cm	Cumple Cumple
Separación máxima estribos: - Situaciones persistentes: <i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-98</i>	Máximo: 26.5 cm Calculado: 25 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: <i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-98</i> - Armadura superior: - Armadura inferior:	Máximo: 30 cm Calculado: 24.4 cm Calculado: 24.4 cm	Cumple Cumple



Referencia: C.3.1 [N8-N13] (Viga de atado) -Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm -Armadura superior: 2 Ø20 -Armadura inferior: 2 Ø20 -Estribos: 1xØ8c/25		
Comprobación	Valores	Estado
Cuantía mínima para los estribos: - Situaciones persistentes: <i>Norma EHE-98. Artículo 44.2.3.4.1</i>	Mínimo: 3.06 cm <sup>2</sup> /m Calculado: 4.02 cm <sup>2</sup> /m	Cumple
Cuantía geométrica mínima armadura traccionada: <i>Norma EHE. Artículo 42.3.5 (pag.152).</i> - Armadura inferior (Situaciones persistentes): - Armadura superior (Situaciones persistentes):	Mínimo: 0.0028 Calculado: 0.0039 Calculado: 0.0039	Cumple Cumple
Armadura mínima por cuantía mecánica de flexión compuesta: <i>Se aplica la reducción del artículo 42.3.2 (norma EHE-98)</i> - Armadura inferior (Situaciones persistentes): - Armadura superior (Situaciones persistentes):	Mínimo: 0.98 cm <sup>2</sup> Calculado: 6.28 cm <sup>2</sup> Calculado: 6.28 cm <sup>2</sup>	Cumple Cumple
Comprobación de armadura necesaria por cálculo a flexión compuesta: Situaciones persistentes:	Momento flector: 0.95 t·m Axil: ± -0.00 t	Cumple

# **ANEXO CÁLCULOS III – CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA MAQUINARIA.**



## ANEXO CÁLCULOS III –CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA MAQUINARIA.

### ÍNDICE:

1.- Silos para almacenamiento de cereal .....	2 – 4
2.- Tonillos sinfín para almacenar y distribuir .....	5 – 6
3.- Molino picador de fibra .....	7 – 9
4.- Motor eléctrico para carro mezclador .....	10
5.- Cinta transportadora horizontal de distribución .....	10
6.- Cinta transportadora inclinada de distribución .....	11



## 1.- SILOS PARA ALMACENAMIENTO DE CEREAL:

### MEMORIA

6 Silos de chapa galvanizada ondulada modelo SGC-2553 de las siguientes características:

Diámetro.----- 2,50 mts.

Altura silo.----- 7,29 "

Capacidad.----- 23,00 m<sup>3</sup>

Carga aproximada.--- 13.800 kg. Harina (D = 6000 kg./ m<sup>3</sup>)

15.000 kg Cebada (D = 650 kg./ m<sup>3</sup>)

17.200 kg. Maíz (D = 650 kg./ m<sup>3</sup>)

Boca de salida de 440 mm. de diámetro, terminada en brida plana perforada para atornillar tolva extractora de sinfín

### Características constructivas

#### Cilindro:

Construido en chapa galvanizada ondulada (onda de 104x12)

Espesores: 1ª Virola 1,5 mm., 2ª virola 1,0 mm., 3ª virola 0,8 mm.

**Cono:** Construido en chapa galvanizada lisa por ocho sectores poligonales bordonados y punzonados ;(ángulo de deslizamiento 62°) (Espesor de chapa 1,2 mm.)

**Techo:** Construido en chapa galvanizada lisa nervada por ocho sectores poligonales bordonados y punzonados (Inclinación del techo 40°) (Espesor de chapa 0,8 mm.)

**Patás;** Construidas con perfil en acero galvanizado tipo omega de 195x120x75 con punzonado longitudinal para amarre del cilindro y placas de arriostrado (Espesor de chapa 3 mm.)



**Arriostrados:** Angulares de 35x4 galvanizados, laminados en caliente, punzonados.

**Placas de arriostrado:** Chapa galvanizada plegada punzonada. (Espesor de chapa 3 mm)

**Anclajes:** Placas de acero con tallo soldado, punzonado tipo omega, galvanizado en caliente. Fijación a placa de hormigón mediante tornillos Hilti de M-16 por 160 mm. de longitud.

**Uniones:** Tornillería zincada de M-8 y M-10 con arandelas metálicas y de caucho, sellando todas las uniones con masilla tipo Bostik para una perfecta estanqueidad.

**Escalera:** Parte cilíndrica formada por dos perfiles longitudinales plegados galvanizados, punzonados para atornillar al cilindro y sujetar los peldaños. Ancho de escalera 400 mm., separación entre peldaños 286 mm., descansillo antideslizante en la parte superior, pasamanos de la escalera al techo. Protección circular a partir de los cuatro mts. desde cota cero con cinco espalderas verticales atornilladas. Escalera portátil de aluminio inclinada con enganche desde el suelo a parte fija.

**Calidad de los aceros:** Todos los materiales empleados en la fabricación de los silos son de calidad. Normas: Din, Aenor, Une, y Euronorma

Calidad del acero: S350 GD.

Calidad del galvanizado, recubrimiento de 450 gr./m<sup>2</sup> (64 micras de zinc).

## ACCESORIOS

- 6 Compuertas de inspección en el techo al lado de la escalera.
- 2 Puertas de carga articuladas abatibles desde el suelo (para dos silos de carga con camión cuba).
- 4 Bridas con tapa ciega en la parte superior del silo para conexión del sinfín de carga.
- 6 Toberas de descompresión en el techo



- 6 Tolvas extractoras para adaptar sinfín extractor con registro de limpieza y boca de entrada para sinfín extractor con brida y arandela.
- 3 Soportes tipo portería atornillados al cilindro del silo con tornillos de regulación para apoyo de pasarela
- 1 Pasarela de 10,5 mts de longitud, 1,00 mts. de ancho, 06,00 mts. de suelo antideslizante, 0,40 mts. de parte abierta para montar sinfín horizontal de carga, protegida con barandilla.

**Nota:** Todos estos materiales tienen la misma calidad de acero y galvanizado que los citados anteriormente



## 2.- TONILLOS SINFIN PARA ALMACENAR Y DISTRIBUIR.

### Sinfín de elevación

1 Sinfín de elevación de 160 mm. de diámetro por 13,90 mts. De longitud en tres tramos de (6+6+1,90 mts.).

- Tubo de acero de 159 mm. de diámetro por 2 mm. de espesor.
- Hélice de acero cóncava de 140 mm. de diámetro, 140 mm de paso, 2 mm. de espesor.
- Eje , tubo de acero estirado de 35 mm. de diámetro por 3 mm. de espesor
- Accionamiento por cabezal completo con carcasa, soporte rodamiento UCF, eje accionamiento, grupo correas/poleas, silla para motor con tensores, boca de salida terminada en brida y protector motor–poleas.
- Motor eléctrico trifásico de 7,5c.v. (220/380).
- Dos empalmes de eje con bulón atornillado.
- Dos empalmes de tubo con faja atornillada de 300 mm.
- Apoyo protector en el extremo del sinfín.
- Faja regulación de caudal con mando manual.
- Apoyo sinfín para evitar pandeo.
- Conexión de sinfín a tolvin de carga horizontal.
- Tratamiento pintado.

### Sinfín de llenado horizontal

1 Sinfín horizontal para carga de silos de 160 mm. de diámetro por 8,30 mts de longitud en dos tramos de (6+2,30 mts.)

- Tubo de acero de 159 mm. de diámetro por 2 mm. de espesor.
- Hélice de acero cóncava de 140 mm. de diámetro, 140 mm de paso, 2 mm. de espesor.
- Eje , tubo de acero estirado de 35 mm. de diámetro por 3 mm. de espesor
- Accionamiento por cabezal completo con carcasa, soporte rodamiento UCF, eje accionamiento, grupo correas/poleas, silla para motor con tensores, boca de salida terminada en brida y protector motor–poleas.
- Motor eléctrico trifásico de 5,5c.v. (220/380).
- Un empalme de eje con bulón atornillado.



- Un empalme de tubo con faja atornillada de 300 mm.
- Tres conexiones de sinfín a tajadera de cremallera.
- Tres tajaderas de cremallera con mando manual a través de polea y cadena.
- Una conexión de sinfín al último silo.
- Tres conexiones de tajaderas a silos.
- Tratamiento pintado

### **Sinfines de extracción de silos a mezclador**

6 Sinfines extractores Modelo IC-130, (de silos a carro mezclador) de 127 mm. de diámetro de las siguientes características:

Longitud de los sinfines según plano adjunto:

Sinfín N° 1,	7,20 mts.
Sinfín N° 2,	7,40 “
Sinfín N° 3,	8,42 “
Sinfín N° 4,	9,95 “
Sinfín N° 5,	8,40 “
Sinfín N° 6,	7,40 “

Todos los sinfines estarán contruidos en dos tramos. (6 mts. + Complemento hasta la medida total de cada sinfín.

- Tubo de acero de 127 mm. de diámetro por 2 mm. de espesor.
- Hélice de acero cóncava de 110 mm. de diámetro, 110 mm de paso, 2 mm. de espesor.
- Eje , tubo de acero estirado de 27 mm. de diámetro por 3 mm. de espesor
- Accionamiento por cabezal completo con carcasa, soporte rodamiento UCF, eje accionamiento, grupo correas/poleas, silla para motor con tensores, boca de salida terminada en brida y protector motor–poleas.
- Motor eléctrico trifásico de 3 c.v. (220/380).
- Un empalme por sinfín de eje con bulón atornillado.
- Un empalme de tubo por sinfín con faja atornillada de 300 mm.
- Prolongador con tubo flexible por sinfin de boca de salida a mezclador.
- Un soporte de tubo estructural 80x80x4 para apoyo de sinfines





### 3.- MOLINO PICADOR DE FIBRA.

El molino picador de fibra que se va a emplear en este proyecto es el mismo que utiliza el sistema (GELY) que ahora se va a nombrar.

Este sistema GELY, está basado en la automatización y dosificación de todos los alimentos necesarios para los animales de cualquier tipo de instalación ganadera (ovejas, vacas, terneros, caballos, cerdos, etc)

La instalación consiste en un sistema multifunción de varias máquinas en perfecta unión, silos, cinta transportadora, molino picador, sistema de transporte a ciclón, etc, que pica la paja y el forraje, muele el grano, lo mezcla y distribuye en continuo a las tolvas de alimentación.

En todas nuestras instalaciones se utilizan las materias primas propias del agricultor y ganadero (paja, trigo, maíz, heno, alfalfa, etc) siempre en seco, que se vienen utilizando actualmente mediante sistemas manuales.

Con el sistema de producción Gelyse consigue un pienso homogéneo de idénticas características alimenticias, ya que se puede obtener cualquier fórmula por medio de la regulación automática de alimentación de la máquina (cereales, forrajes, paja, etc) libres de tierra, piedras, hongos, fitosanitarios y materias extrañas que puedan provenir de las placas de forraje y paja.

De esta forma los animales no pueden seleccionar el pienso, al ser este homogéneo en su composición, dosificación y granulometría, evitando la consecuente pérdida del mismo.

El objeto de la invención se refiere a un molino para triturar los componentes (paja, forrajes, grano, etc.) de los piensos destinados a la alimentación de animales herbívoros.



1. Imagen del Sistema de Alimentación para Herbívoros Gely
- 2.

## INSTALACIÓN DE MOLINO PARA PIENSOS

Esta patente de invención está fundamentada en la mezcla de cereal molido y cualquier tipo de fibra vegetal, pudiéndose controlar las proporciones de cereal o fibras apropiadas a cada caso, controlando además de la proporción de la mezcla, la cantidad de alimento que se proporciona a cada animal.

Es aplicable a todos los sectores ganaderos, ovino, vacuno, caballar, caprino, porcino etc.

## OBJETIVOS QUE SE CONSIGUEN:

- Automatización de todo el proceso, librando así al ganadero.
- Bienestar animal, no existe estrés por la comida, ya que comen cuando quieren.
- Eliminación del 90% en mano de obra en alimentación y limpieza.
- Eliminación de hongos, piedras, tierras, polvo, fitosanitarios empleados en el campo y otras materias extrañas.
- Pienso de alta calidad sin contaminación y a la granulometría deseada.



## **CARACTERÍSTICAS:**

La máquina patentada tipo Gely, muele el 200% más de material con el 40% de ahorro de energía sobre las máquinas convencionales, moliendo cada uno de los componentes a cualquier granulometría.

El transporte de la mezcla se realiza a través de sinfines y espirales con su diseño para cada explotación evitando roturas y atascos en todo el conjunto, con lo cual, el mantenimiento es mínimo.

El molino de martillos lleva dos conjuntos similares intercambiables entre si que aprovechan las cuatro caras de los martillos llegando a desarrollar un rendimiento de más de 10.000 horas de trabajo.

## **DISEÑO:**

El diseño del molino Gely tiene dos cámaras independientes una para el grano y otra para la fibra.

Se ha conseguido evitar rodamientos reduciendo así las averías por polvo.

El desbrozador está diseñado para coger la paja o fibra de una en una evitando que entren la mayoría de cuerpos extraños (hierros, troncos, piedras grandes, etc.) en la máquina. Al estar colocada en alto la cámara de succión del molino y tener debajo una cámara de densado de 2X1,8X0,7m.

Sobre la caja del desbrozador lleva un sistema mecánico de elevación del tubo de expulsión y el conjunto de entrada del grano para facilitar la apertura abisagrada del molino con cuatro tornillos.

El diseño del desbrozador no permite la formación de atascos al ser el acopio de la máquina regulado y constante.

Puede moler cualquier tipo de fibras vegetales, entre ellas caña de maíz con el consiguiente aprovechamiento de la misma.

También se puede moler caña de maíz para cama de pollos y para cultivo de hongos, champiñones, setas...etc. Que al ser más blanda y porosa es ideal para estos cultivos.



#### 4.- MOTOR ELECTRICO PARA CARRO MEZCLADOR.

El motor empleado será un motor eléctrico trifásico con velocidad de giro de 1500 rpm, amarre tipo B3, 400/690 V y una potencia de 75 Kw.

De la casa ALREN;

Ref: MEAT4B03475

#### 5.- CINTA TRANSPORTADORA HORIZONTAL DE DISTRIBUCIÓN.

Estas son las características de la banda transportadora de rodillos recta seleccionada:

- Peso del tramo de 6m-----33,9 Kg
- Peso de la banda-----6.5 Kg/m
- Peso cabeza motriz sin moto reductor-----60 Kg
- Peso pie tensor-----45 Kg
- Diámetro rodillos-----60mm
- Diámetro tambor-----250mm
- Potencia motor -----7.5 C.V.
- Largo de la banda-----80 m
- Ancho de la banda-----50 mm
- Capacidad de carga necesaria-----3.58 T/h

Esta cinta transportadora es un producto diseñado y construido por encargo a la empresa “aspiraciones y elevadores xilocal S.L.”

## 6.- CINTA TRANSPORTADORA INCLINADA DE DISTRIBUCIÓN.

**Transportadora de banda para cargas semipesadas Ref: TKB-10** de la casa Maskepack (+kepack), estas son sus características:

- Longitud entre centros de tambores (L) => 1000 a 20.000mm
- Ancho de banda (A) => 500 a 1500mm
- Diámetro del tambor motriz => 100mm
- Diámetro del tambor tensor => 100mm
- Motorización => Extrema (en posición vertical u horizontal)
- Velocidad => 5 a 100 metros/minuto
- Bastidor => Hierro / Inox / Aluminio
- Guías laterales => Fijas o regulables
- Capacidad de carga máxima => 350 Kg
- Pies => Regulables  $\pm 50$ mm.





# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

IMPLANTACIÓN DE SISTEMA AUTOMÁTICO DE  
ALIMENTACIÓN EN EXPLOTACIÓN OVINA

DOCUMENTO N°3: PLANOS

Alumno: Jon Cabodevilla Olo

Tutor: María Jesús Vilas

Pamplona, Septiembre 2013



### 3.- PLANOS

#### ÍNDICE:

##### 1.- SITUACIÓN:

Plano N°1: Situación y emplazamiento.

##### 2.- NAVE EXISTENTE (Nave ovejas):

Plano N°2.1: Planta de cimentación y detalles.

Plano N°2.2: Instalaciones y superficies de nave existente.

Plano N°2.3: Alzado planta piñón sur.

Plano N°2.4: Exteriores nave existente.

##### 3.- PROYECTO:

Plano N°3.1: Distribución de la maquinaria en la nave existente y nueva.

Plano N°3.2: Alzado de la fachada piñón sur de la nave existente y nueva.

Plano N°3.3: Exteriores nave existente y nave nueva (Planta y Alzado).

Plano N°3.4: Exteriores nave existente y nave nueva (Piñón sur).

Plano N°3.5: Distribución en planta de la maquinaria en la nave nueva.

Plano N3.6: Plano albañilería.

##### 4.- ESTRUCTURA DE LA NAVE NUEVA:

Plano N°4.1: Planta de cimentación y detalles.

Plano N°4.2: Plano detalle zapatas, piqueta y viga riostra.

Plano N°4.3: Plano detalle zapatas.

Plano N°4.4: Placas de anclajes y detalles.

Plano N°4.5: Planta de cubierta y detalles.

Plano N°4.6: Alzado pórtico tipo.

Plano N°4.7: Alzado piñón sur y detalles.

Plano N°4.8: Alzado fachadas laterales.

Plano N°4.9: Estructura oficina y detalles.

##### 5.- MAQUINARIA:

Plano N°5.1: Plano sistema de captación y detalles.

Plano N°5.2: Plano silos de almacenamiento.

Plano N°5.3: Plano silos de almacenamiento.

Plano N°5.4: Plano carro mezclador.

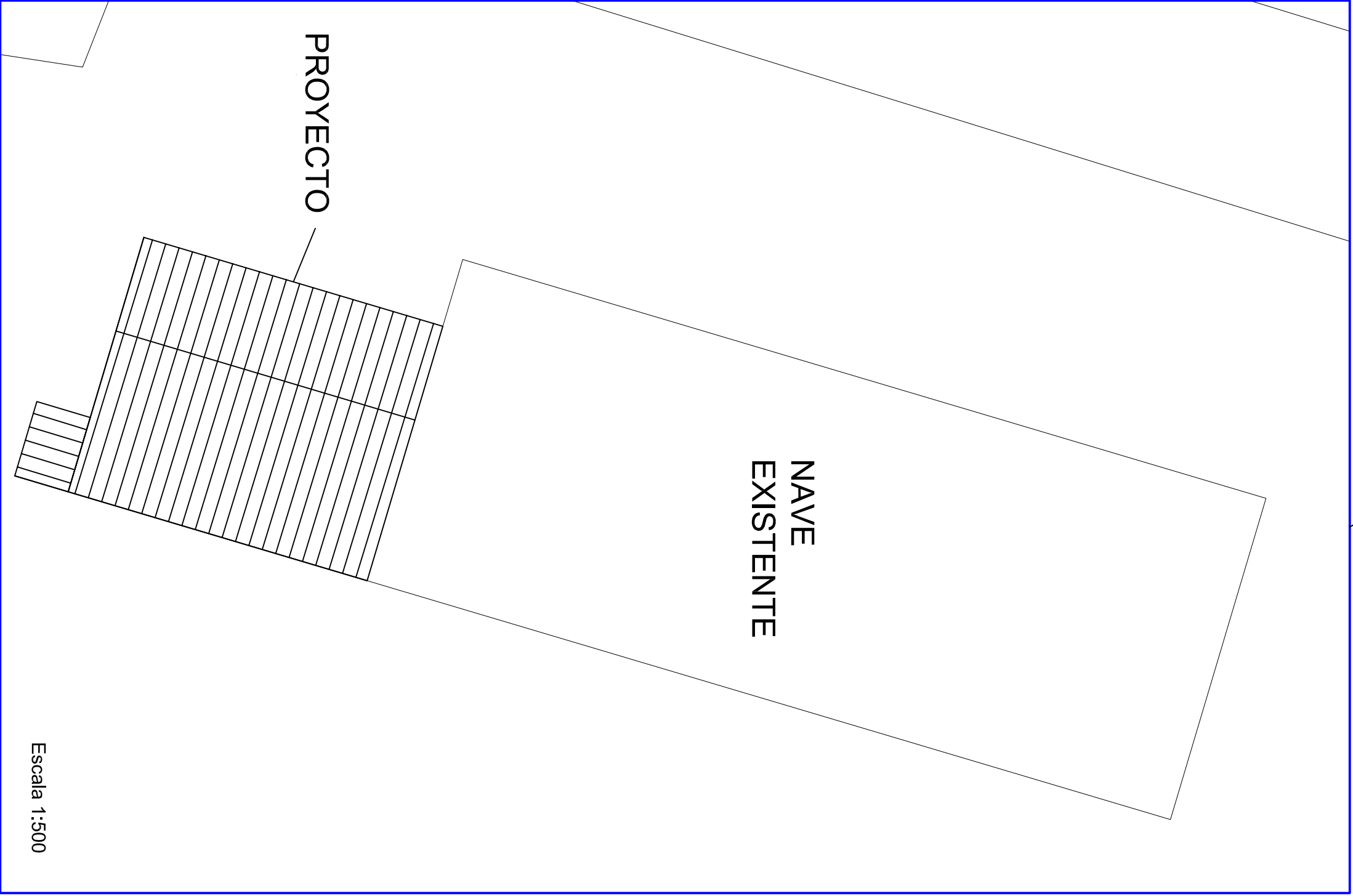
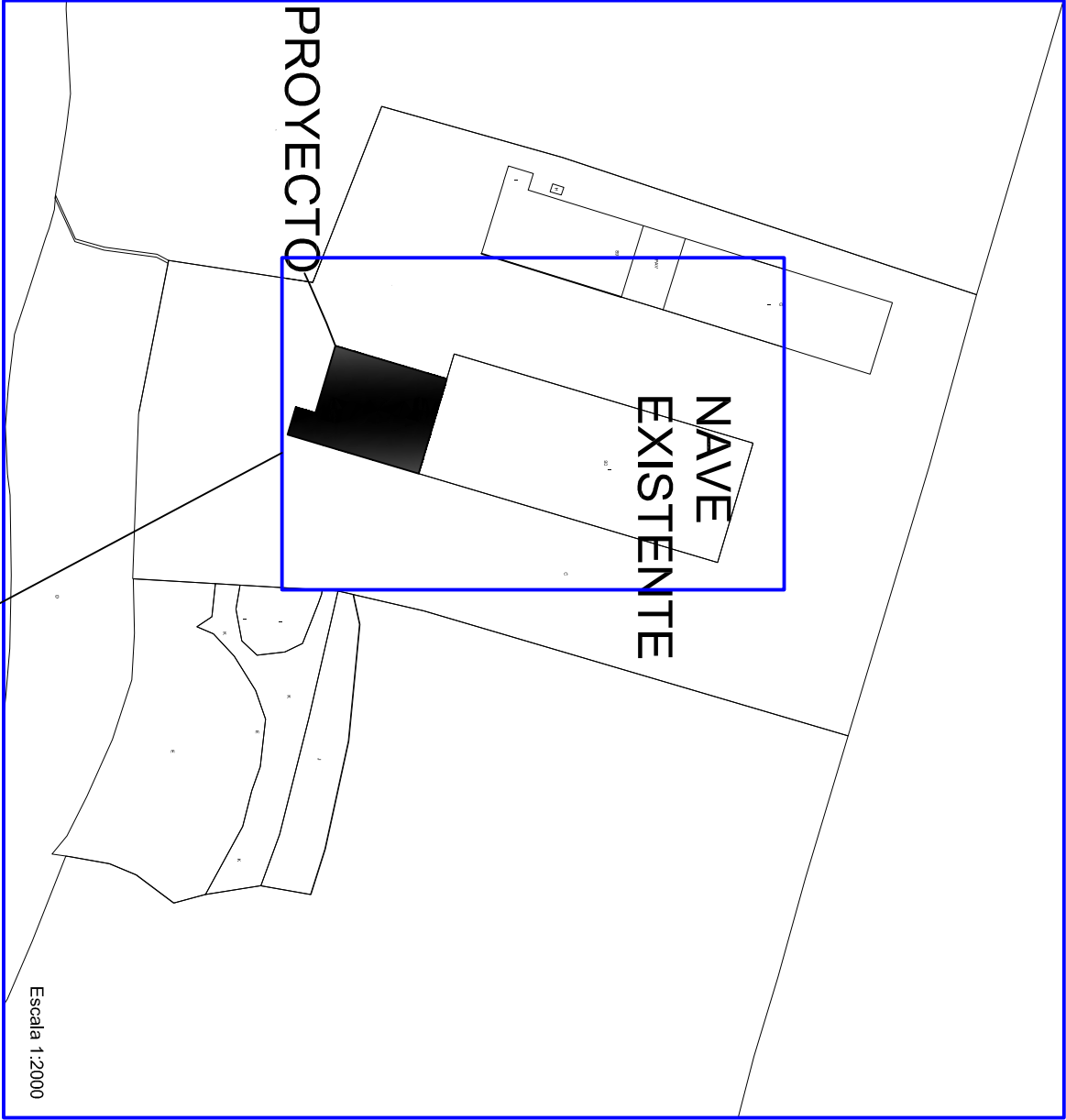
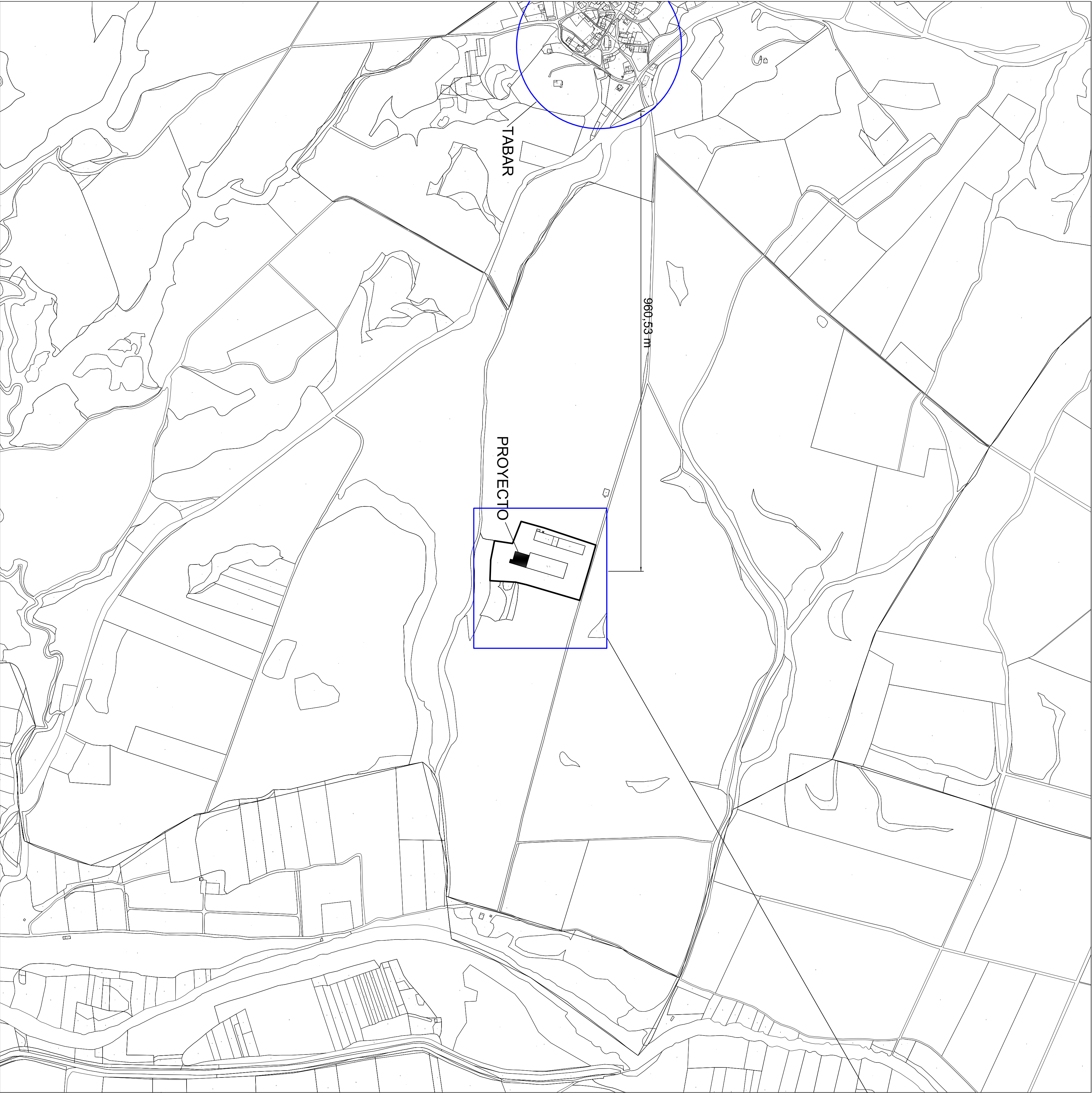
Plano N°5.5: Plano picadora de fibra.




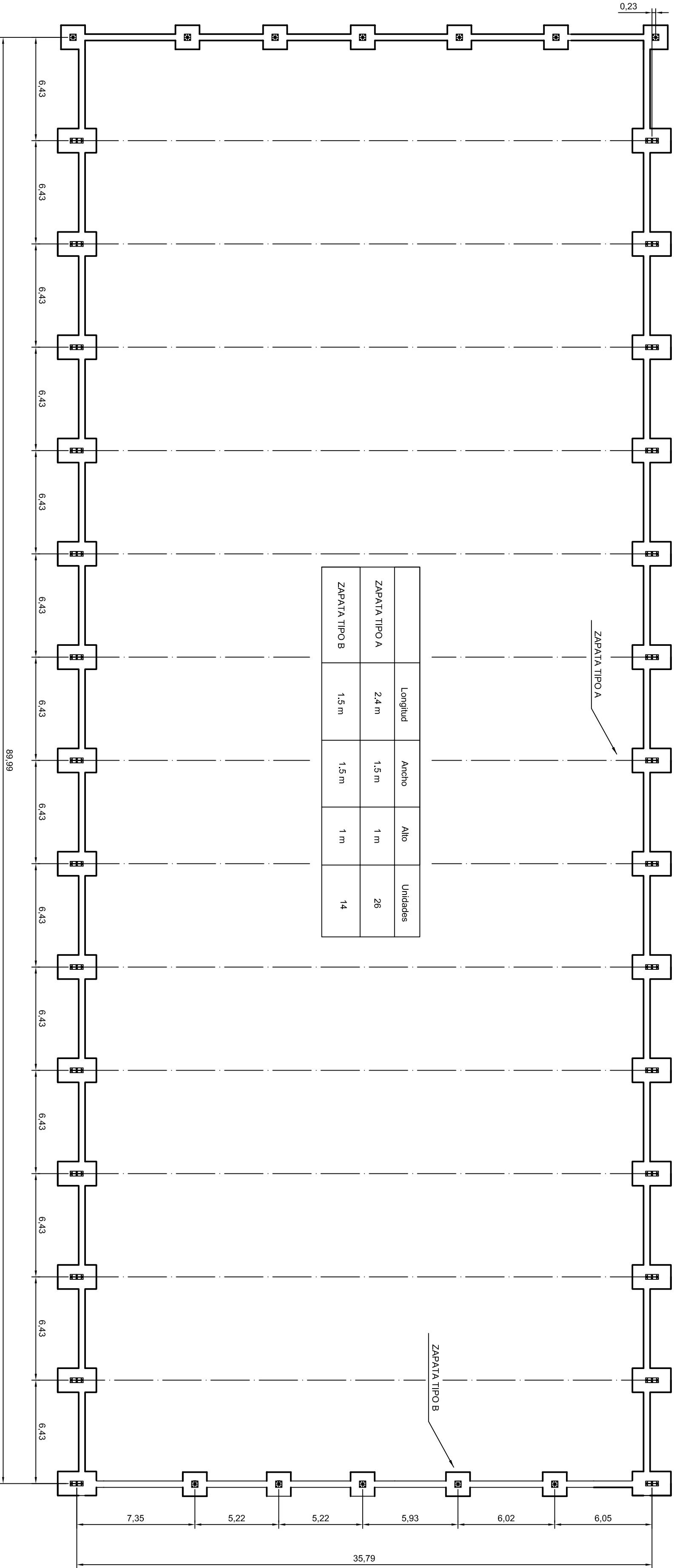
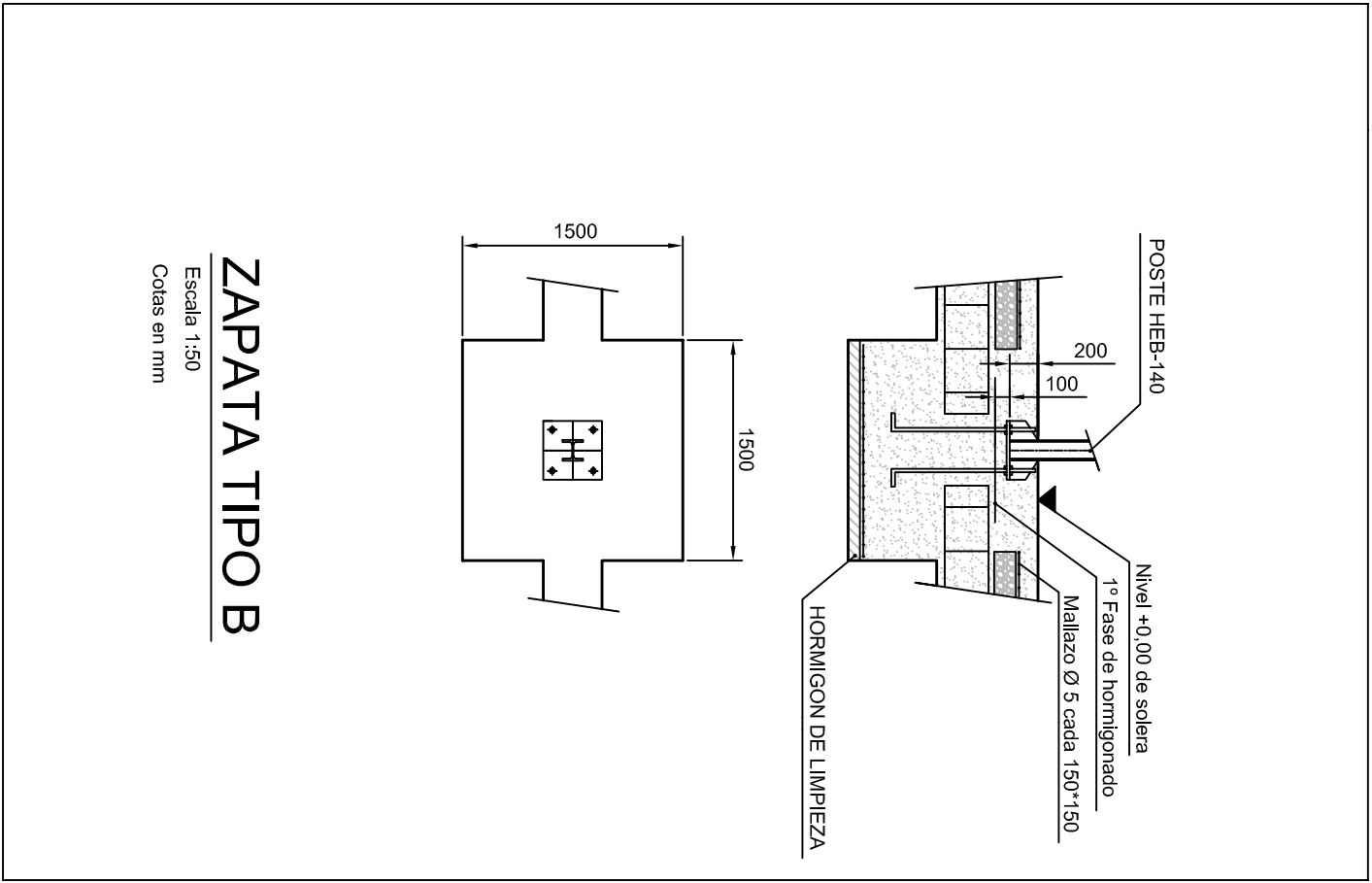
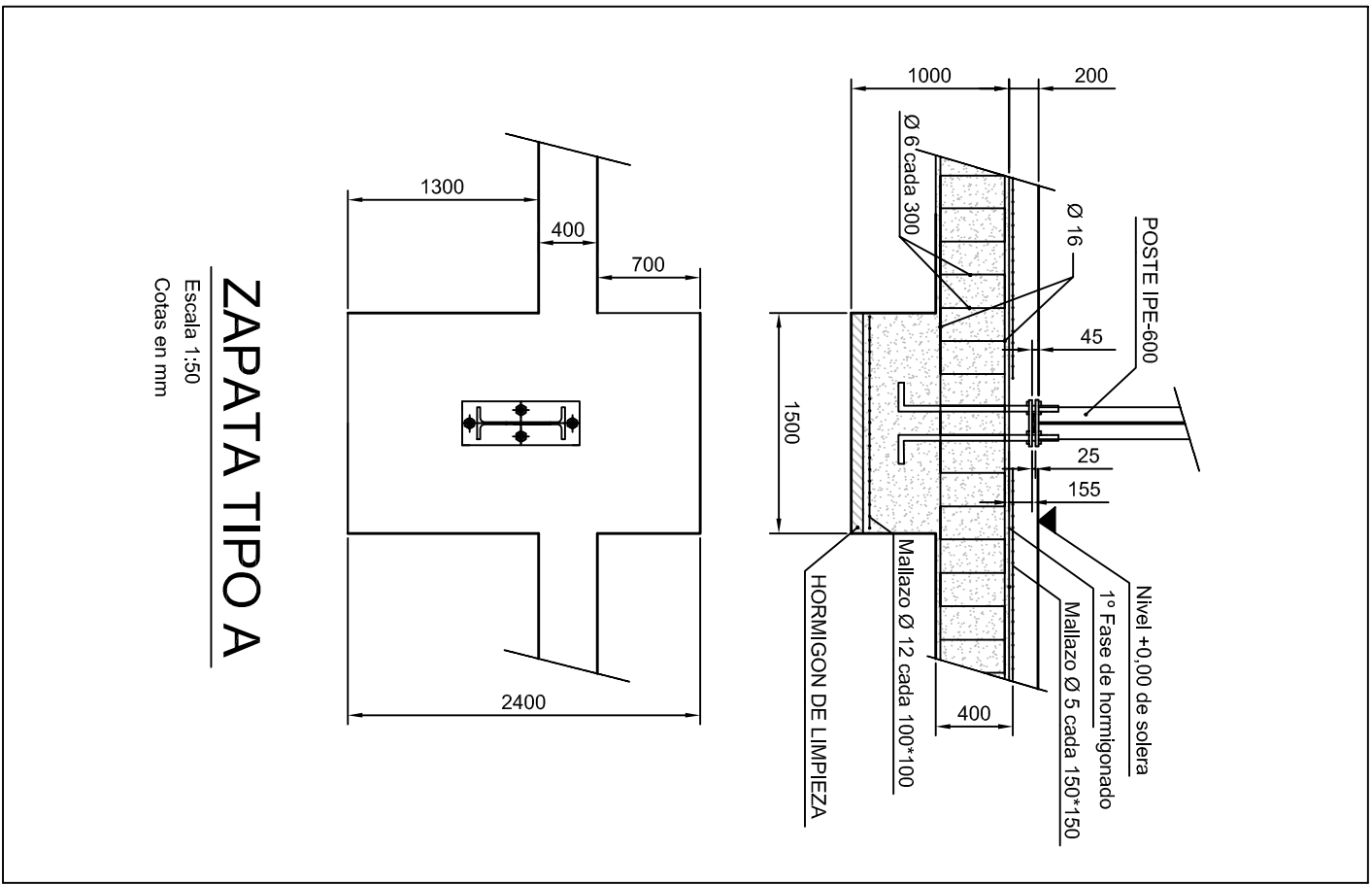
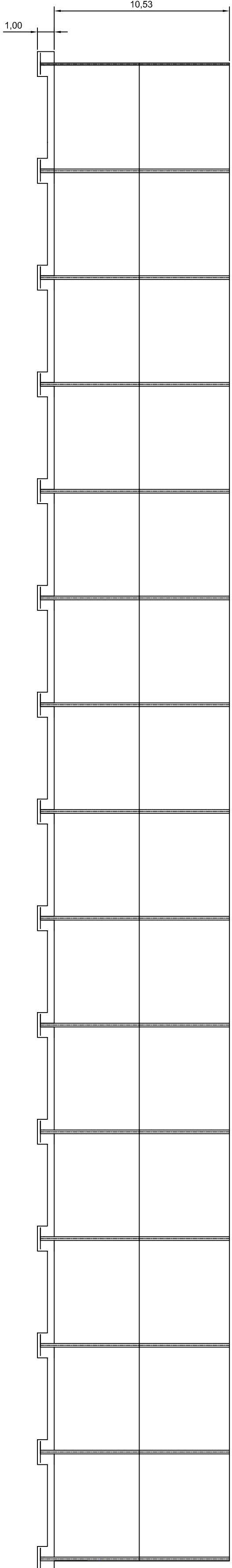
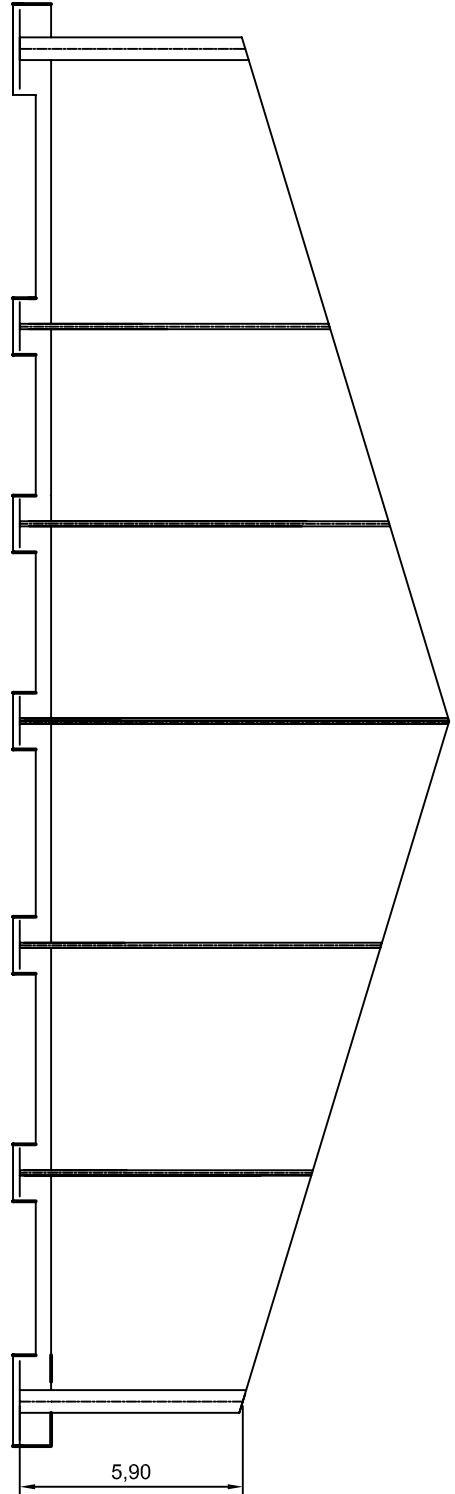
Plano N°5.6: Plano cinta inclinada y de expulsión

Plano N°5.7: Plano acometida, cinta horizontal y estructura.

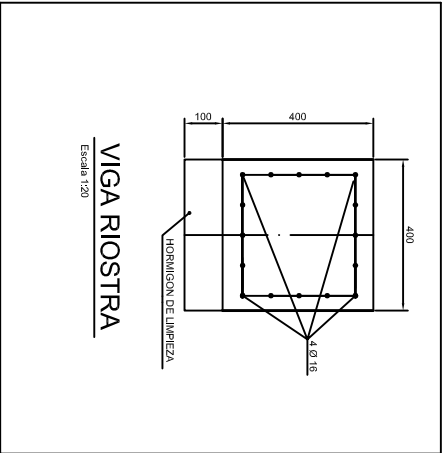


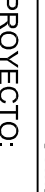


	Universidad Pública de Navarra		E.T.S.I.I.T.		DEPARTAMENTO:	
	Matarozko		INGENIERO		DEPARTAMENTO DE	
PROYECTO:	Universitate Publica		TECNICO INDUSTRIAL M.		PROYECTOS E ING. RURAL	
	SISTEMA AUTOMÁTICO DE ALIMENTACIÓN DE OVINO		REALIZADO:		CABODEVILLA OLLO JON	
PLANO:	Situación y emplazamiento		FIRMA:		Nº PLANO:	
			FECHA:		ESCALA:	
			6/9/2013		1:5000	
					Nº 1	



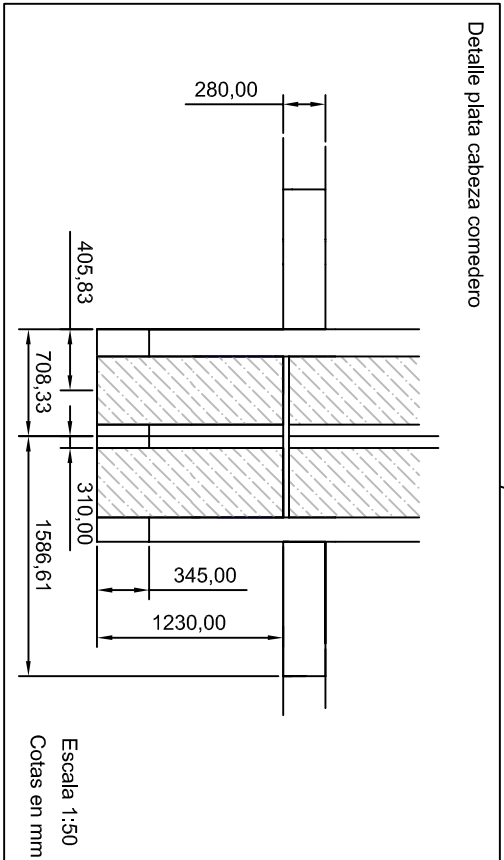
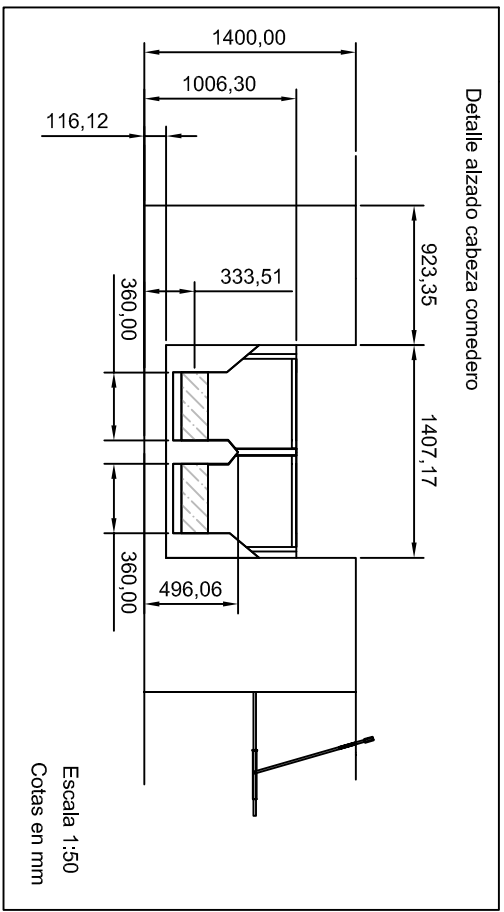
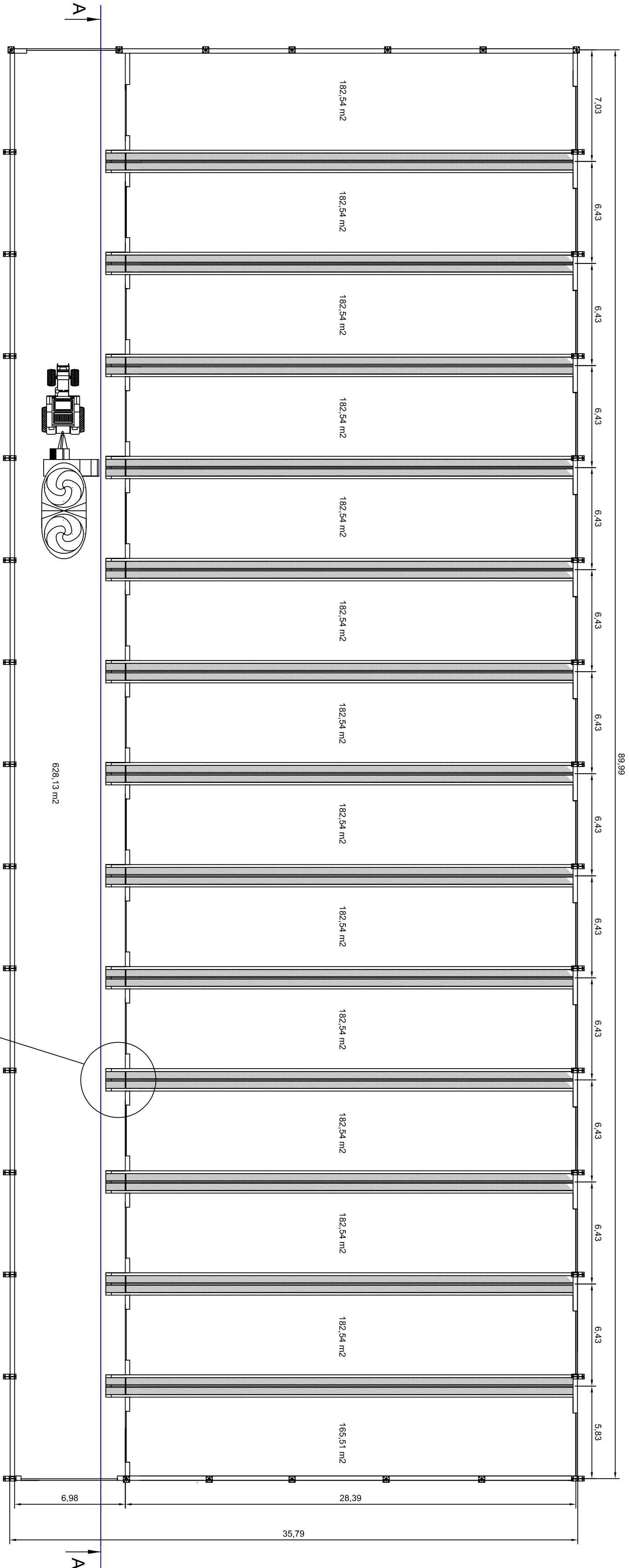
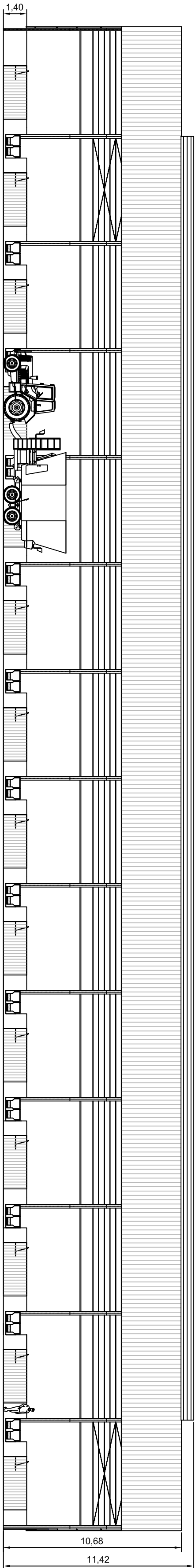
CUADRO DE CARACTERISTICAS SEGUN LA INSTRUCCION EHE					
HORMIGON					
ELEMENTO ESTRUCTURAL	Tipo de hormigon	Nivel de control	Coefficiente parcial de seguridad (γc)	Resistencia de cálculo (N/mm²)	Recubrimiento minimo (mm)
Chimeneacion	H4+25/17/20/11a	ESTADISTICO	1.50	18.6	45
ACERO					
ELEMENTO ESTRUCTURAL	Tipo de acero	Nivel de control	Coefficiente parcial de seguridad (γs)	Resistencia de cálculo (N/mm²)	El acero utilizado en las armaduras debe estar garantizado por la Marca AENOR
Chimeneacion	B 500 S	NORMAL	1.15	348	
Palas	B 500 S	NORMAL	1.15	348	
Palas	B 500 S	NORMAL	1.15	348	
Palas	B 500 S	NORMAL	1.15	348	
Vigas y forjados	B 500 S	NORMAL	1.15	348	
EJECUCION					
TIPO DE ACCION	Nivel de control	Coefficiente parcial de seguridad (para E.L.U.)			
Permanente	NORMAL	Efecto favorable	γa=1.00	Efecto desfavorable	γa=1.50
Variable	NORMAL	Variable	γa=1.00	Variable	γa=1.60




 Universidad Pública de Navarra Matarozko Universitate Publika	E.T.S.I.I.T.		DEPARTAMENTO:  DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.		
PROYECTO:	REALIZADO:		
	SISTEMA AUTOMÁTICO DE ALIMENTACIÓN DE OVINO		
	FIRMA:		
PLANO:	FECHA:		
	ESCALA:		
	Nº PLANO:		
	Nº 2.1		



CORTE A-A

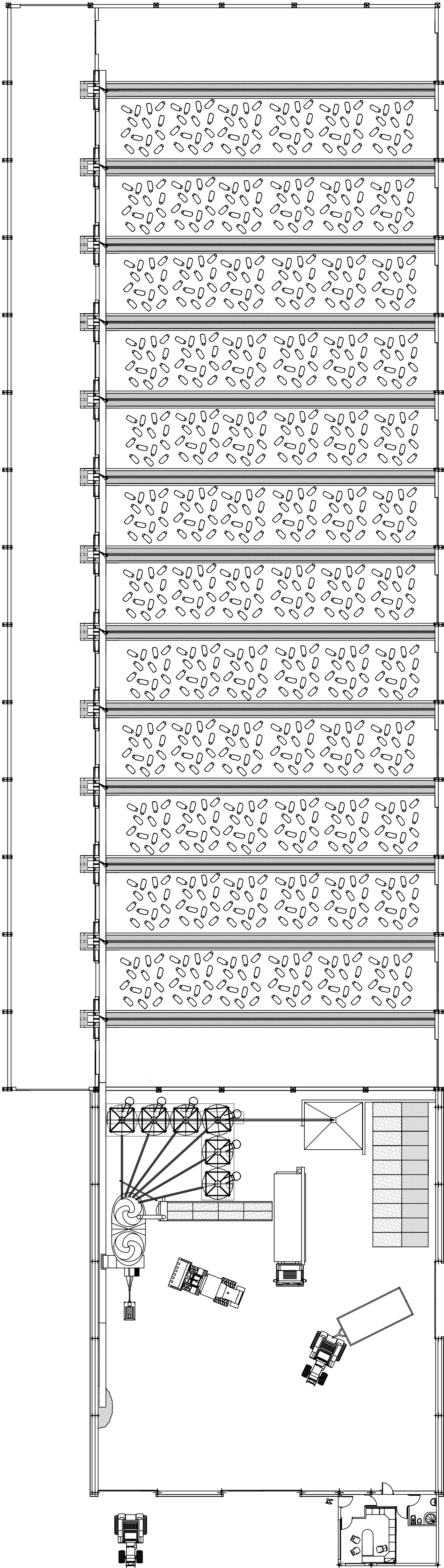
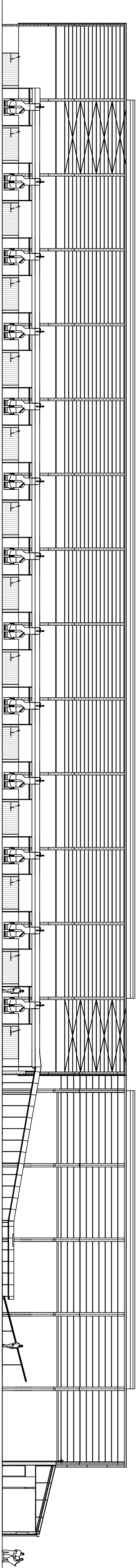



	Universidad Pública de Navarra <i>Unibertsitate Publikoa</i>	
	E.T.S.I.I.T.	INGENIERO
PROYECTO:		TECNICO INDUSTRIAL M.
SISTEMA AUTOMÁTICO DE ALIMENTACIÓN DE OVINO		
REALIZADO:		CABODEVILLA OLLO JON
FIRMA:		
FECHA:		ESCALA:
6/9/2013		1:200
PLANO:		Nº PLANO
INSTALACIONES Y SUPERFICIES DE NAVE EXISTENTE		Nº 2.2



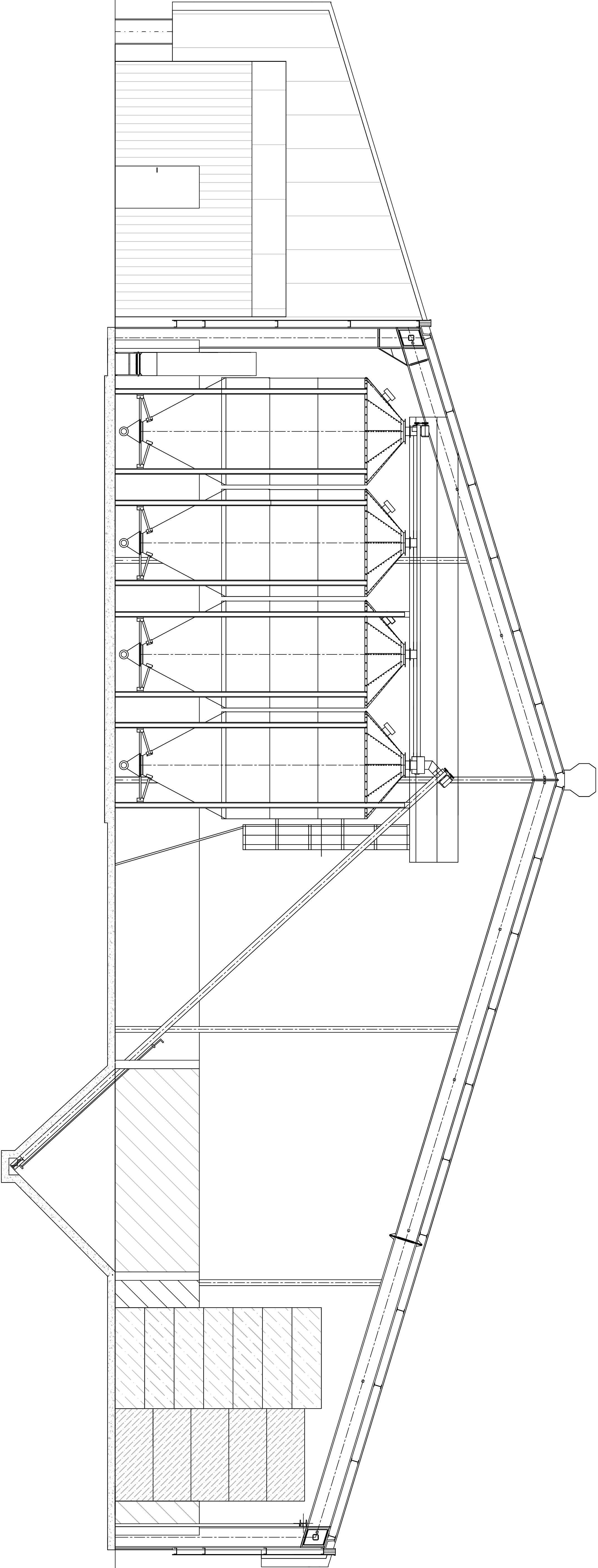





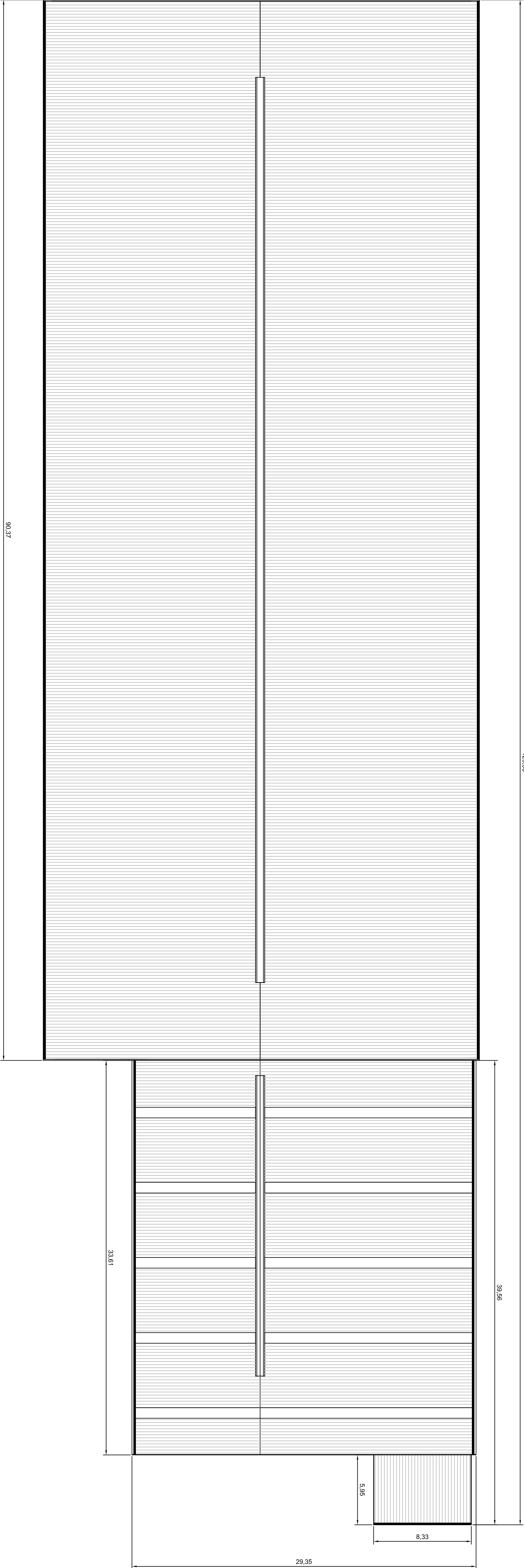
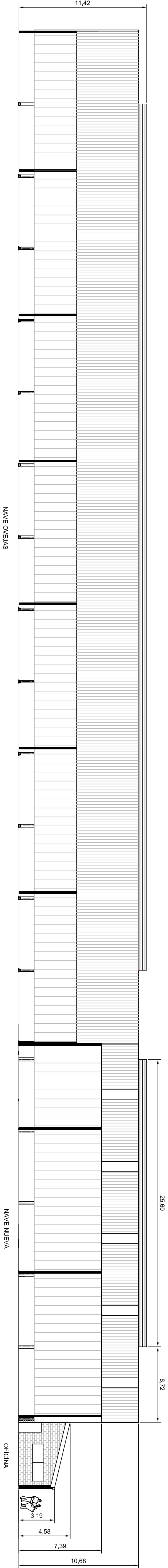



 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T.		DEPARTAMENTO:  DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.		
PROYECTO:  SISTEMA AUTOMÁTICO DE ALIMENTACIÓN DE OVINO			
FIRMA:			REALIZADO:  CABODEVILLA OLLO JON
PLANO:	DISTRIBUCIÓN DE LA MAQUINARIA EN LA NAVE EXISTENTE Y NUEVA		
	FECHA: 6/9/2013	ESCALA: 1:200	Nº PLANO: Nº 3.1



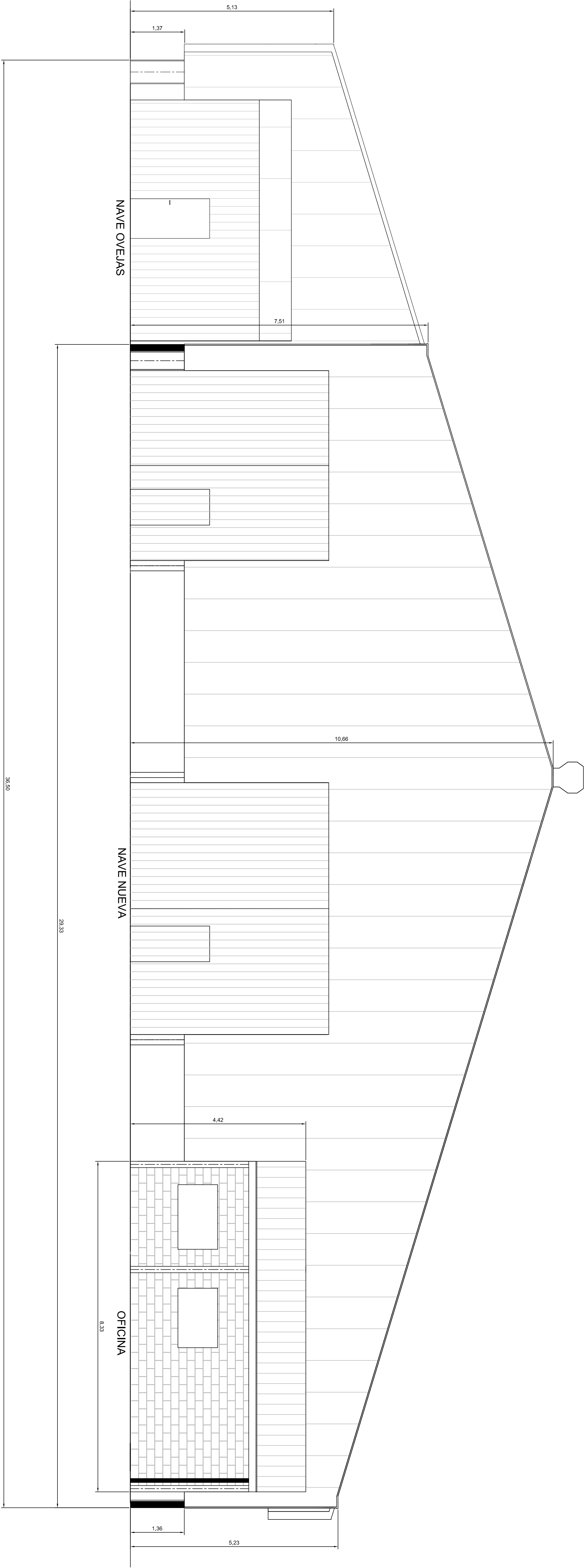


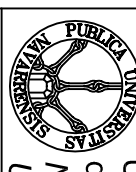
 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T.		DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.		
PROYECTO:	SISTEMA AUTOMÁTICO DE ALIMENTACIÓN DE OVINO		REALIZADO: CABODEVILLA OLLO JON
PLANO:	ALZADO DE LA FACHADA PIÑON SUR DE LA NAVE EXISTENTE Y NUEVA		FIRMA:
	FECHA: 6/9/2013	ESCALA: 1:50	Nº PLANO: Nº 3.2



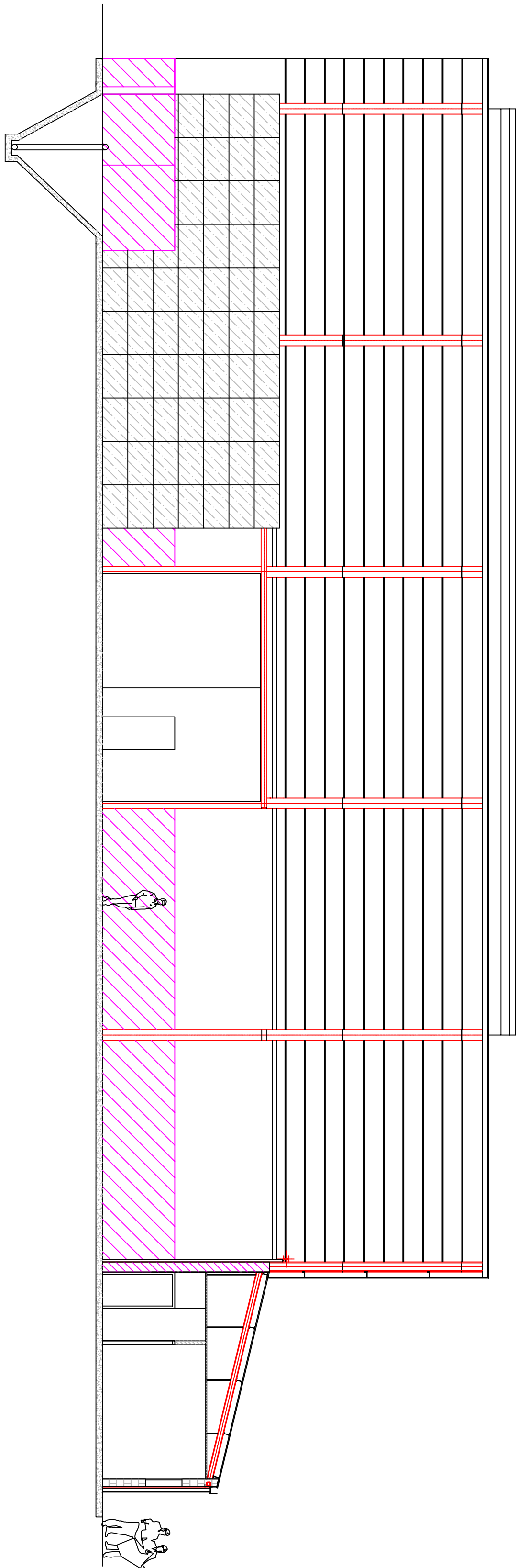
	Universidad Pública de Navarra <i>Unibertsitate Publikoa</i>	
	E.T.S.I.I.T.T.	DEPARTAMENTO:
PROYECTO:	INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL M.	DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
	SISTEMA AUTOMÁTICO DE ALIMENTACIÓN DE OVINO	REALIZADO: CABODEVILLA OLLO JON
PLANO:	FIRMA:	FECHA:
EXTERIORES NAVE EXISTENTE Y NAVE NUEVA (PLANTA Y ALZADO)	1:200	6/9/2013



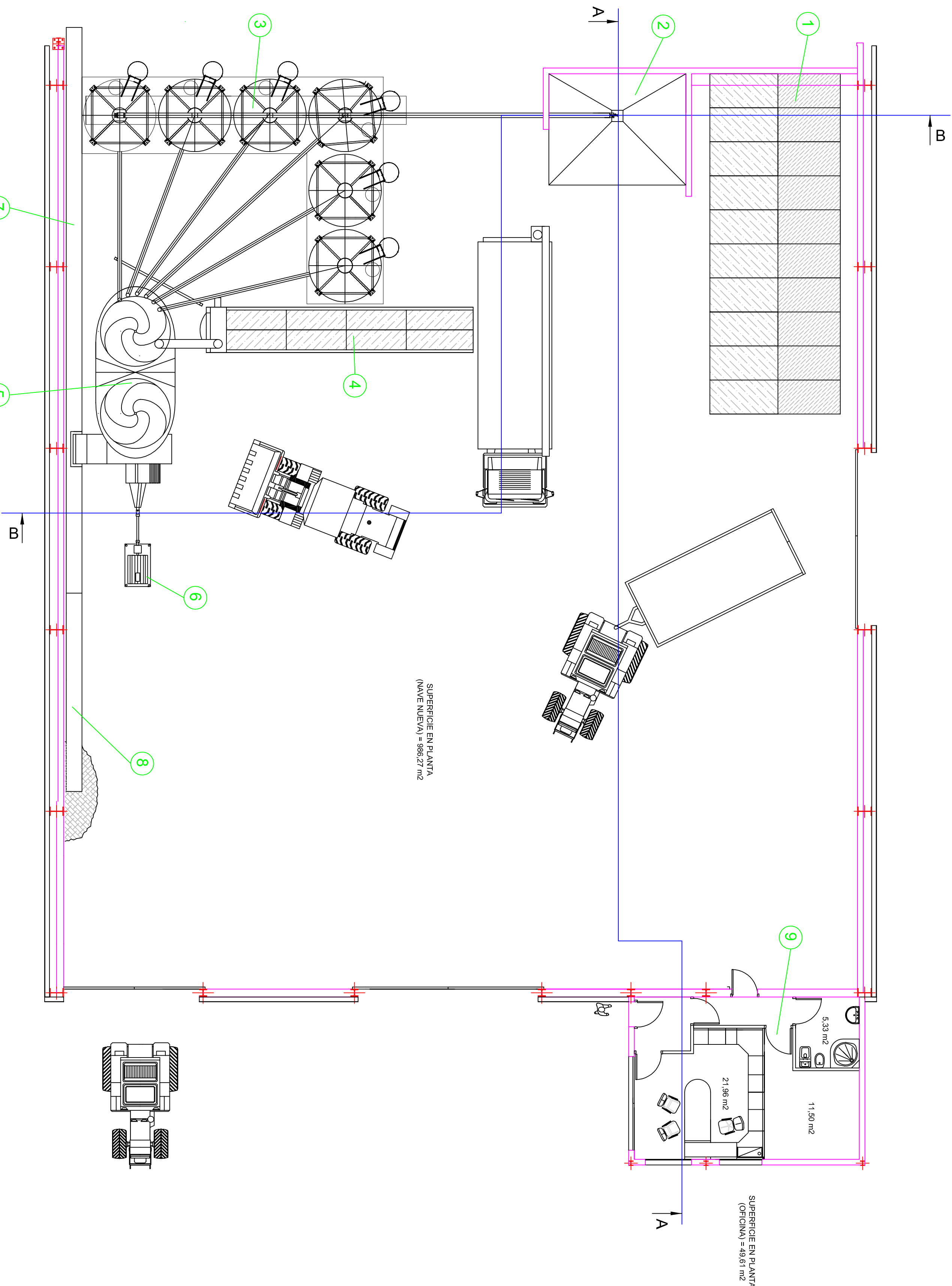
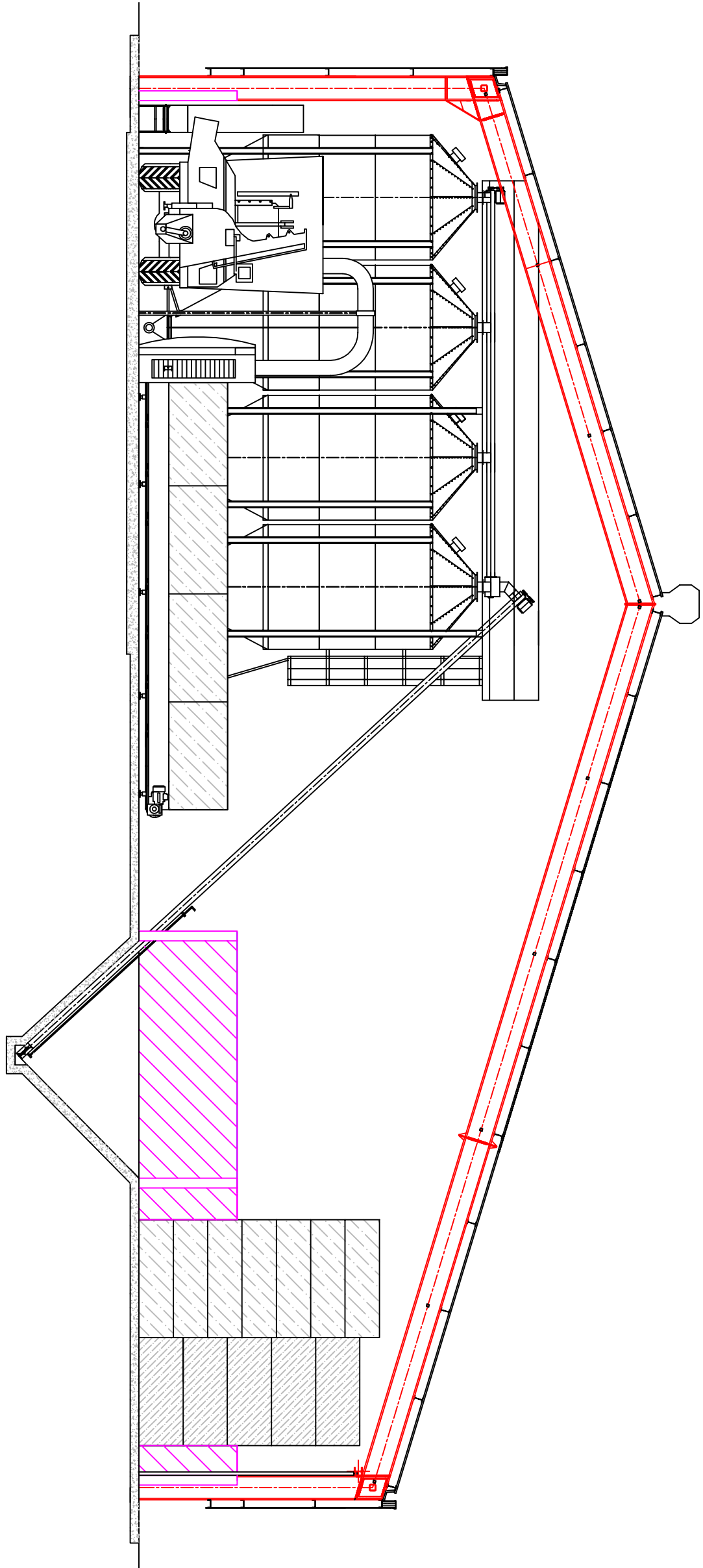


	Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa		E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.		DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
PROYECTO:		SISTEMA AUTOMÁTICO DE ALIMENTACIÓN DE OVINO		REALIZADO: CABODEVILLA OLLO JON	
PLANO:		EXTERIORES NAVE EXISTENTE Y NUEVA (PIÑON SUR)		FIRMA:	
FECHA:		6/9/2013		ESCALA:	
1:50		Nº PLANO: Nº 3.4			


CORTE A-A



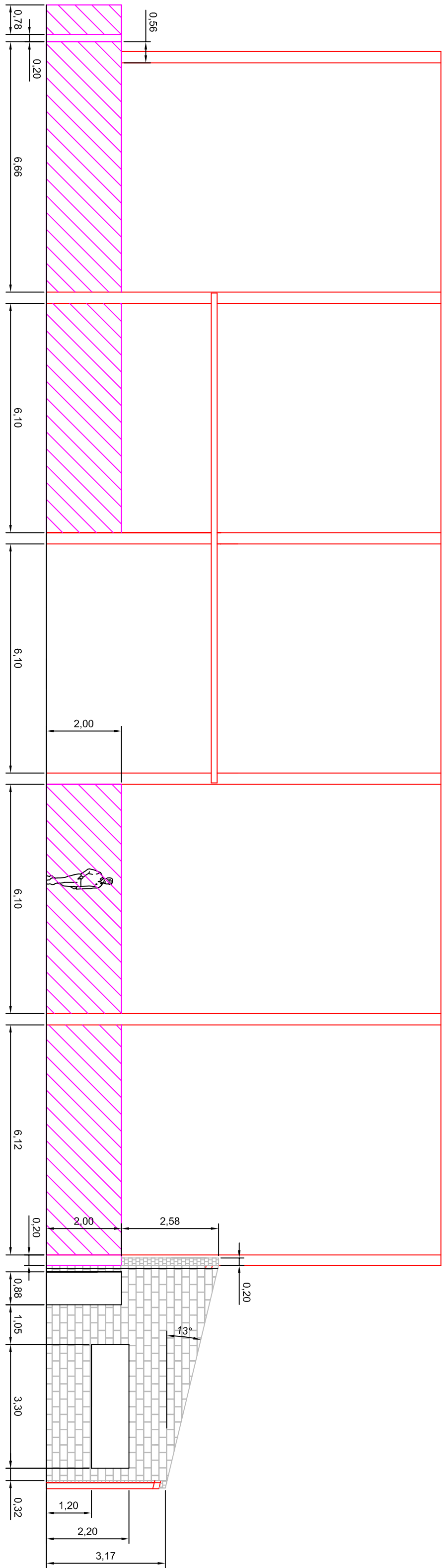
CORTE B-B



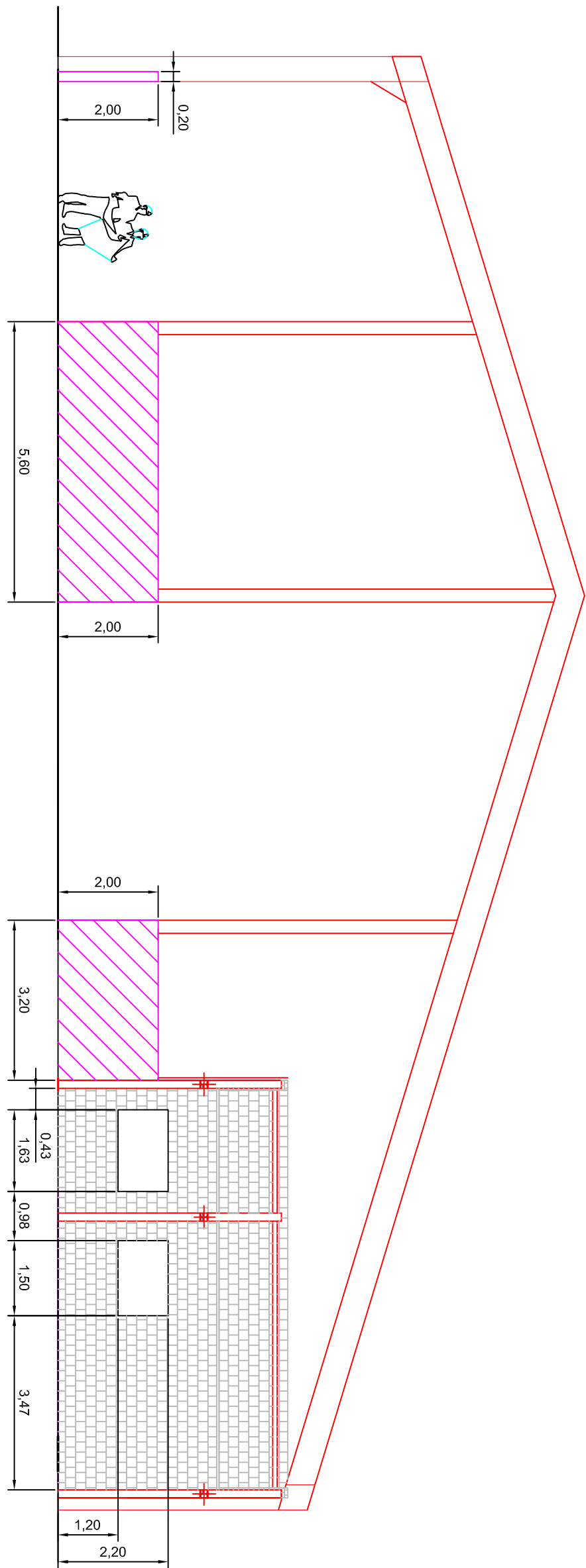
Nº	ELEMENTO
NÚMERO 1	STOCK DE FIBRA
NÚMERO 2	PIQUERA DE ABASTECIMIENTO
NÚMERO 3	SILOS
NÚMERO 4	PICADORA DE FIBRA
NÚMERO 5	CARGO MEZCLADOR
NÚMERO 6	MOTOR ELÉCTRICO
NÚMERO 7	CINTA DE DISTRIBUCIÓN
NÚMERO 8	CINTA DE EXPAULSION DE COMIDA
NÚMERO 9	OFICINA

	Universidad Pública de Navarra Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T.T. INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL M.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
	PROYECTO: SISTEMA AUTOMÁTICO DE ALIMENTACIÓN DE OVINO	REALIZADO: CABODEVILLA OLLO JON	FIRMA:
PLANO: DISTRIBUCIÓN EN PLANTA DE LA MAQUINARIA EN LA NAVE NUEVA	FECHA: 6/9/2013	ESCALA: 1:100	Nº PLANO: Nº 3.5

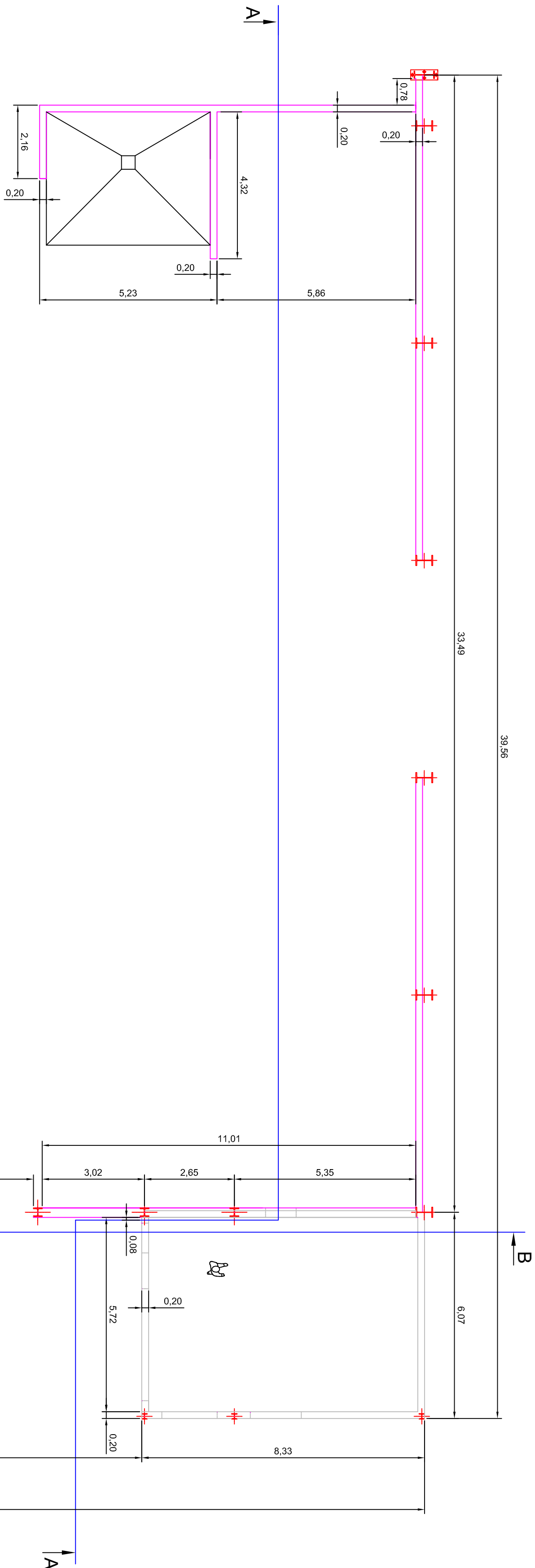
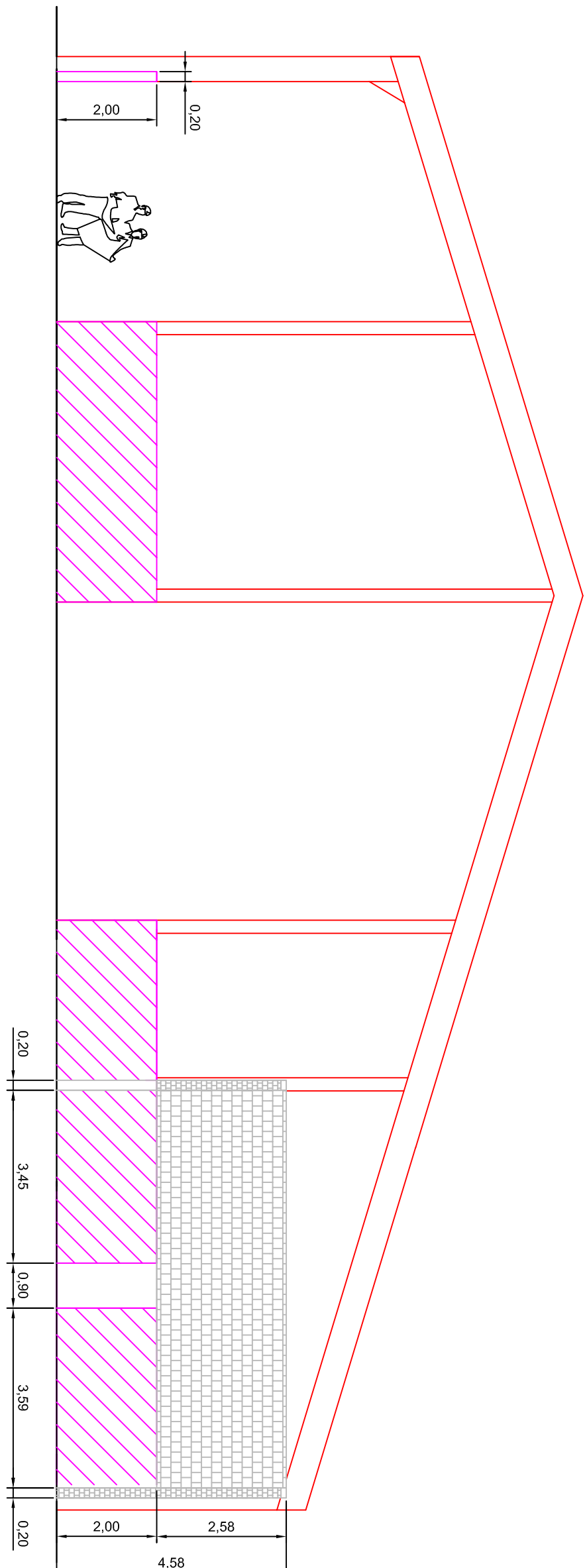
Corte A-A



VISTA DE PERFIL

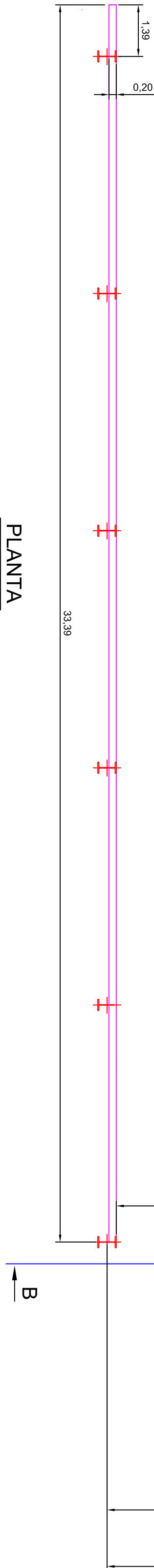


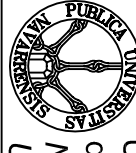
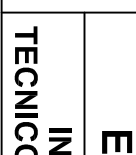
Corte B-B



MURETE DE HORMIGÓN

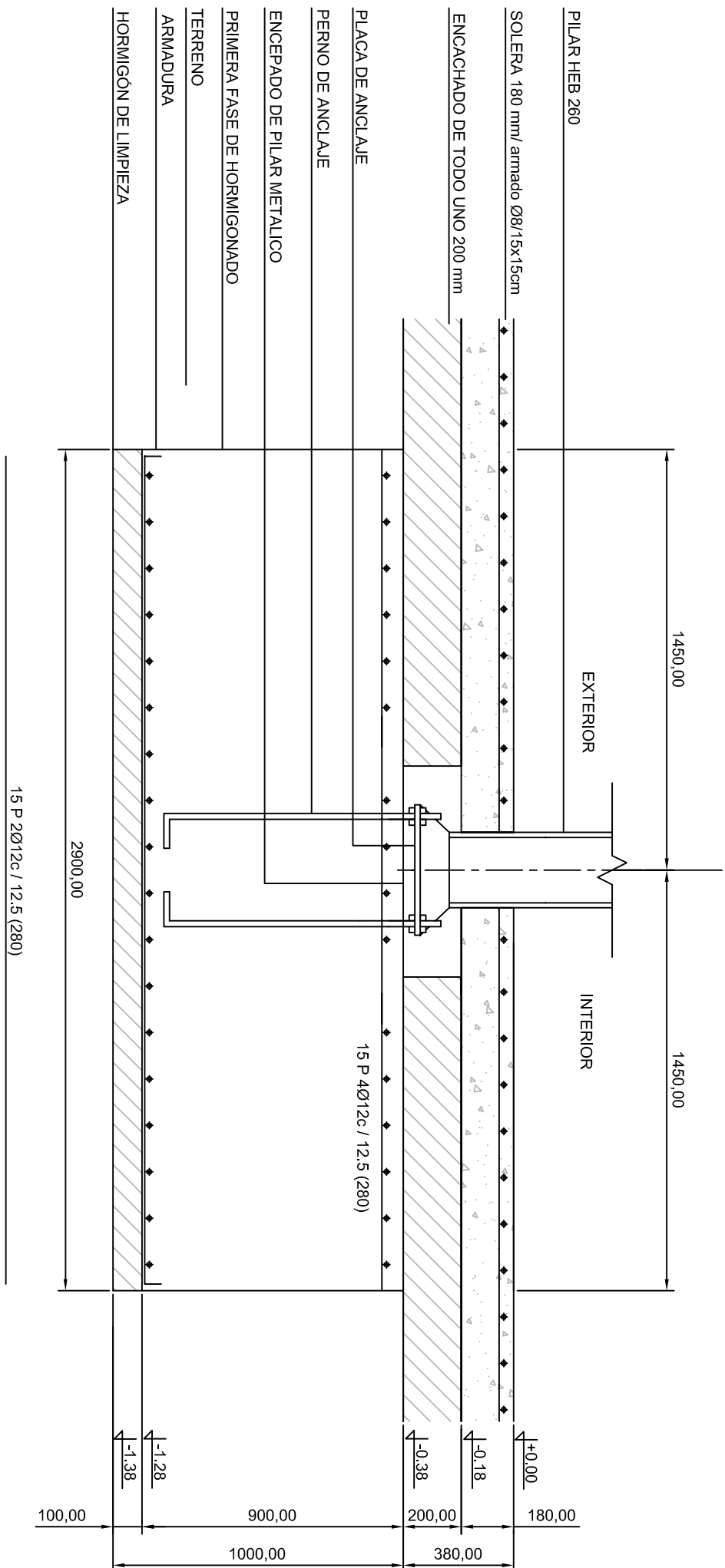
PLANTA



	Universidad Pública de Navarra Metarreako Unibertsitate Publikoa			E.T.S.I.I.T.	
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.				
PROYECTO:			REALIZADO:		
SISTEMA AUTOMÁTICO DE ALIMENTACIÓN DE OVINO			CABODEVILLA OLLO JON		
PLANO:			FIRMA:		
PLANO ALBANILERIA			FECHA:		
			ESCALA:		
			Nº PLANO:		
			Nº 3,6		



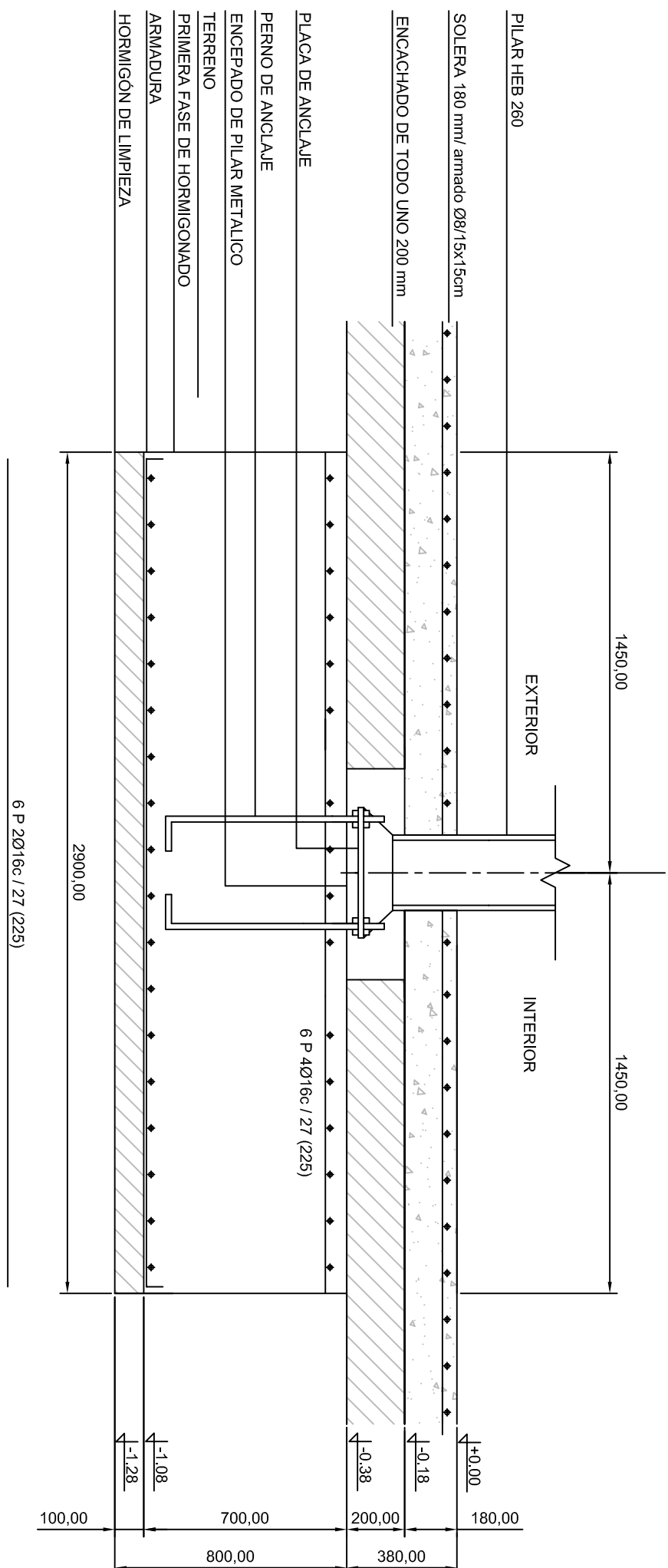




DETALLE ZAPATA TIPO C (N11)

Escala 1:20

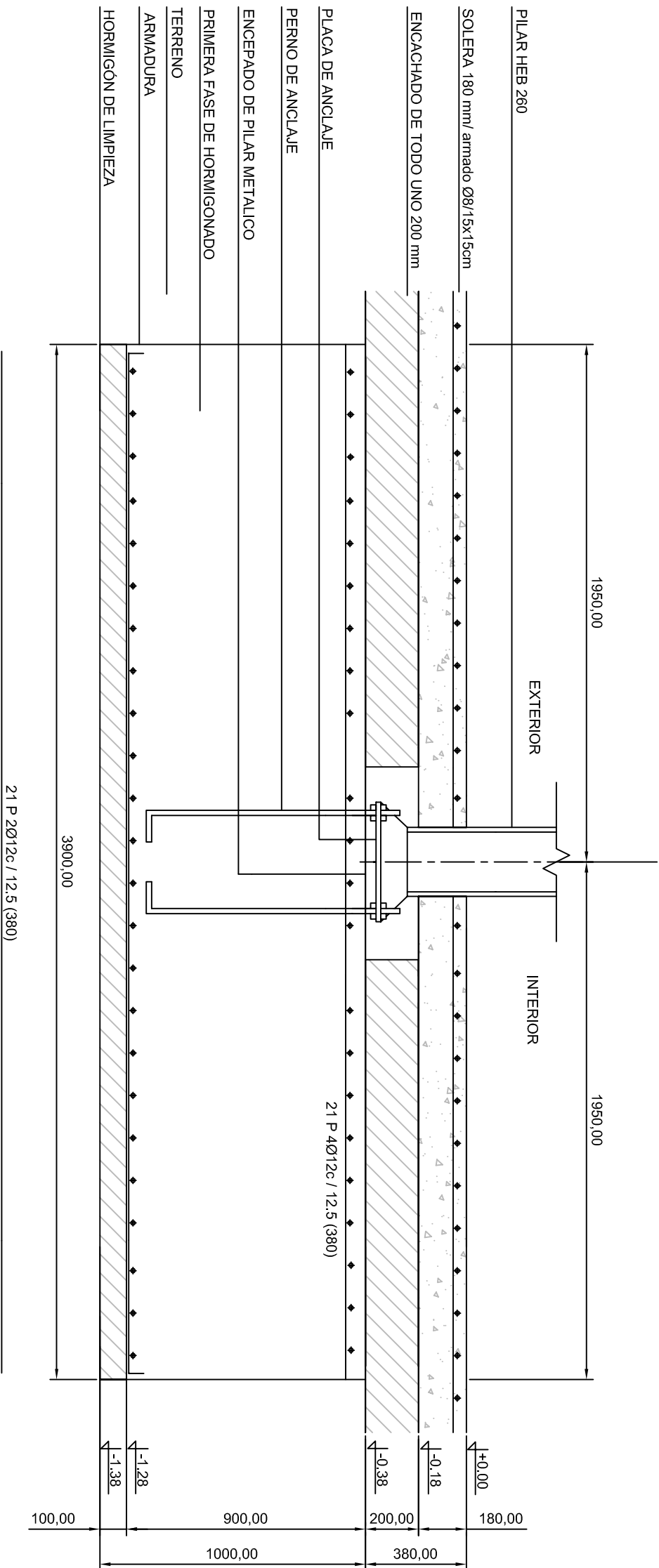
Cotas en mm



DETALLE ZAPATA TIPO D (N10)

Escala 1:20

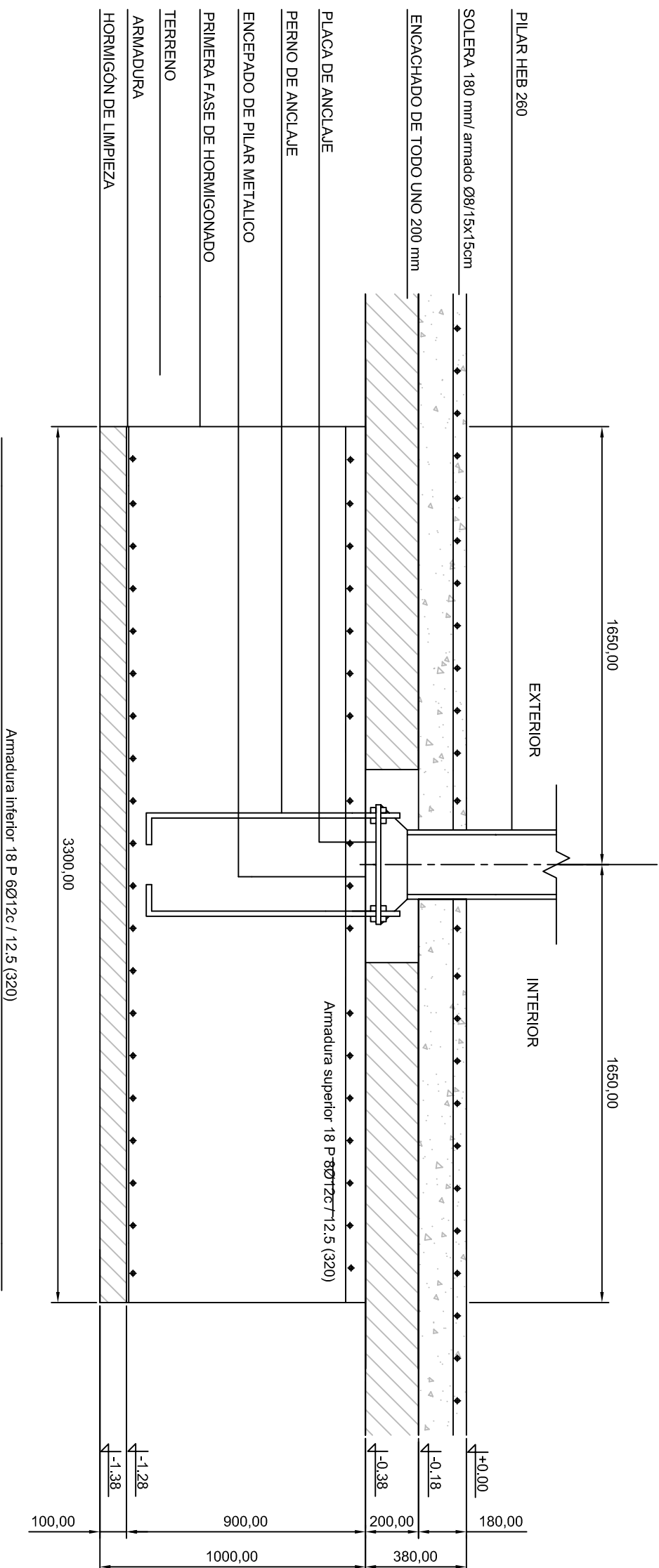
Cotas en mm



DETALLE ZAPATA TIPO E (N13)

Escala 1:20

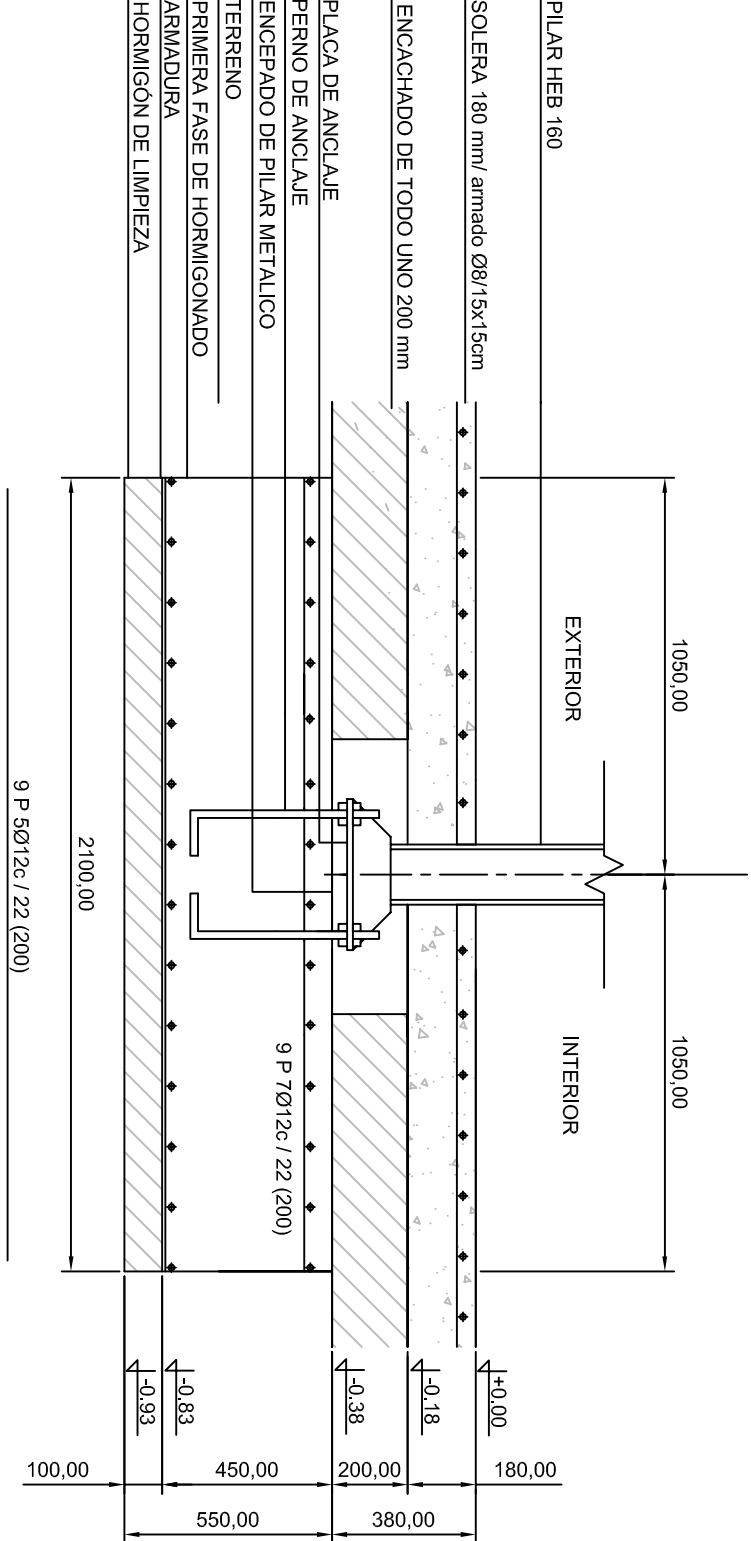
Cotas en mm



DETALLE ZAPATA TIPO F (N12, N14)

Escala 1:20

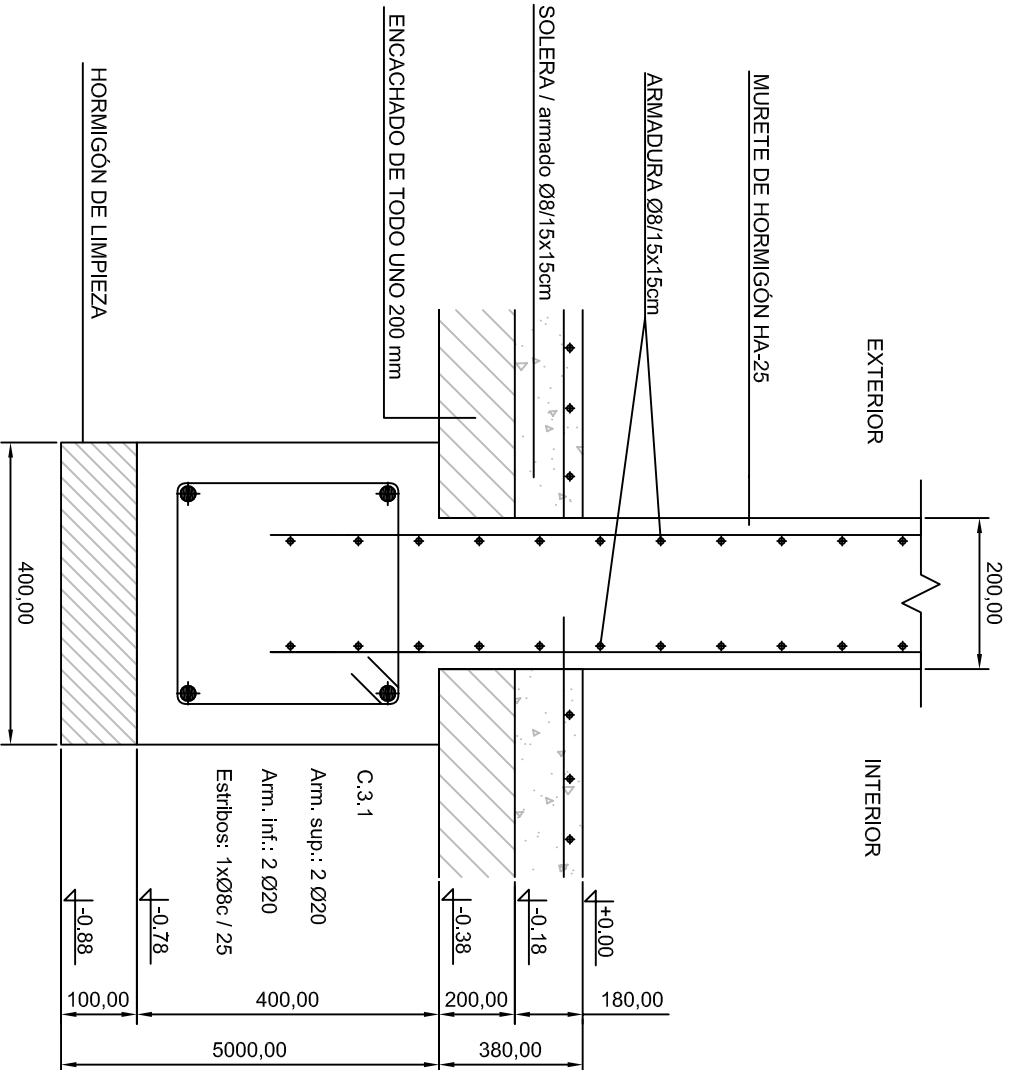
Cotas en mm



DETALLE ZAPATA TIPO I (N7, N8, N9)

Escala 1:20

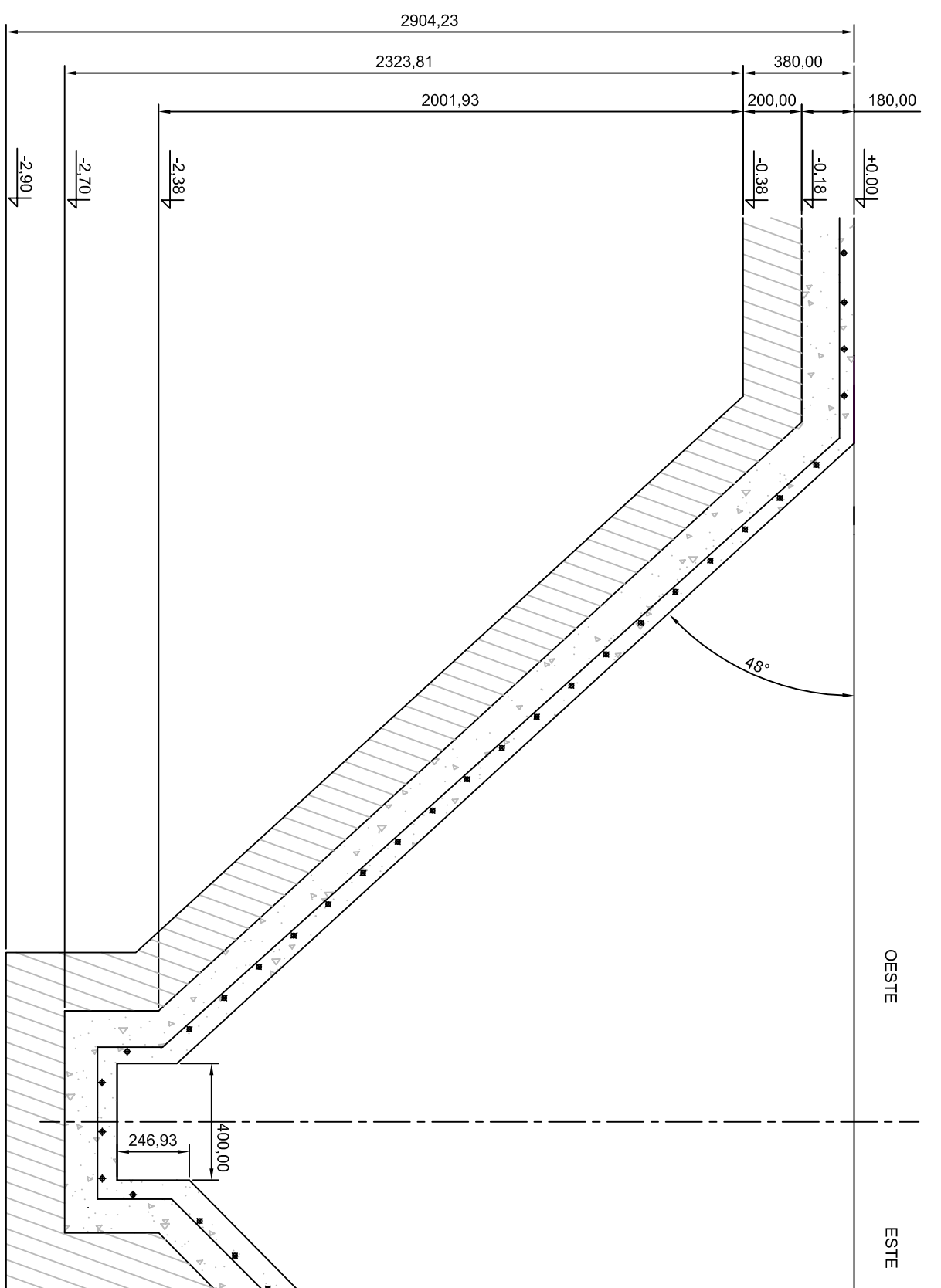
Cotas en mm



DETALLE VIGA DE ATADO - MURETE

Escala 1:10

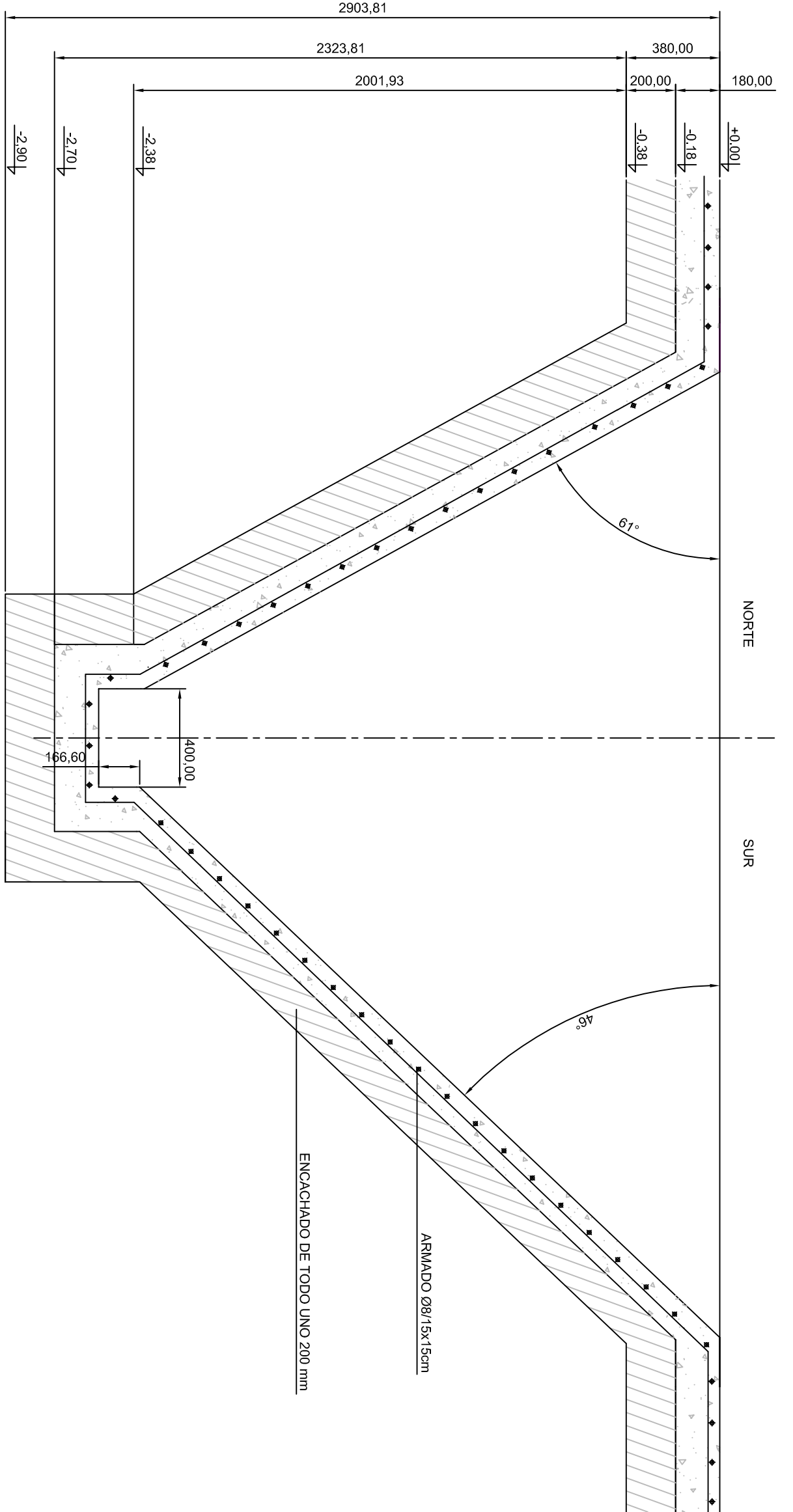
Cotas en mm




DETALLE DE PIQUERA O TOLVA

Escala 1:20

Cotas en mm





Universidad Pública  
de Navarra  
*Universitate Pùblica*

DEPARTAMENTO:  
INGENIERO  
TECNICO INDUSTRIAL M.

DEPARTAMENTO DE  
PROYECTOS E ING. RURAL

PROYECTO:  
SISTEMA AUTOMÁTICO DE  
ALIMENTACIÓN DE OVINO

REALIZADO:  
CABODEVILLA OLLO JON

PLANO:  
PLANO DETALLES ZAPATAS, PIQUERA Y VIGA ROSTRA

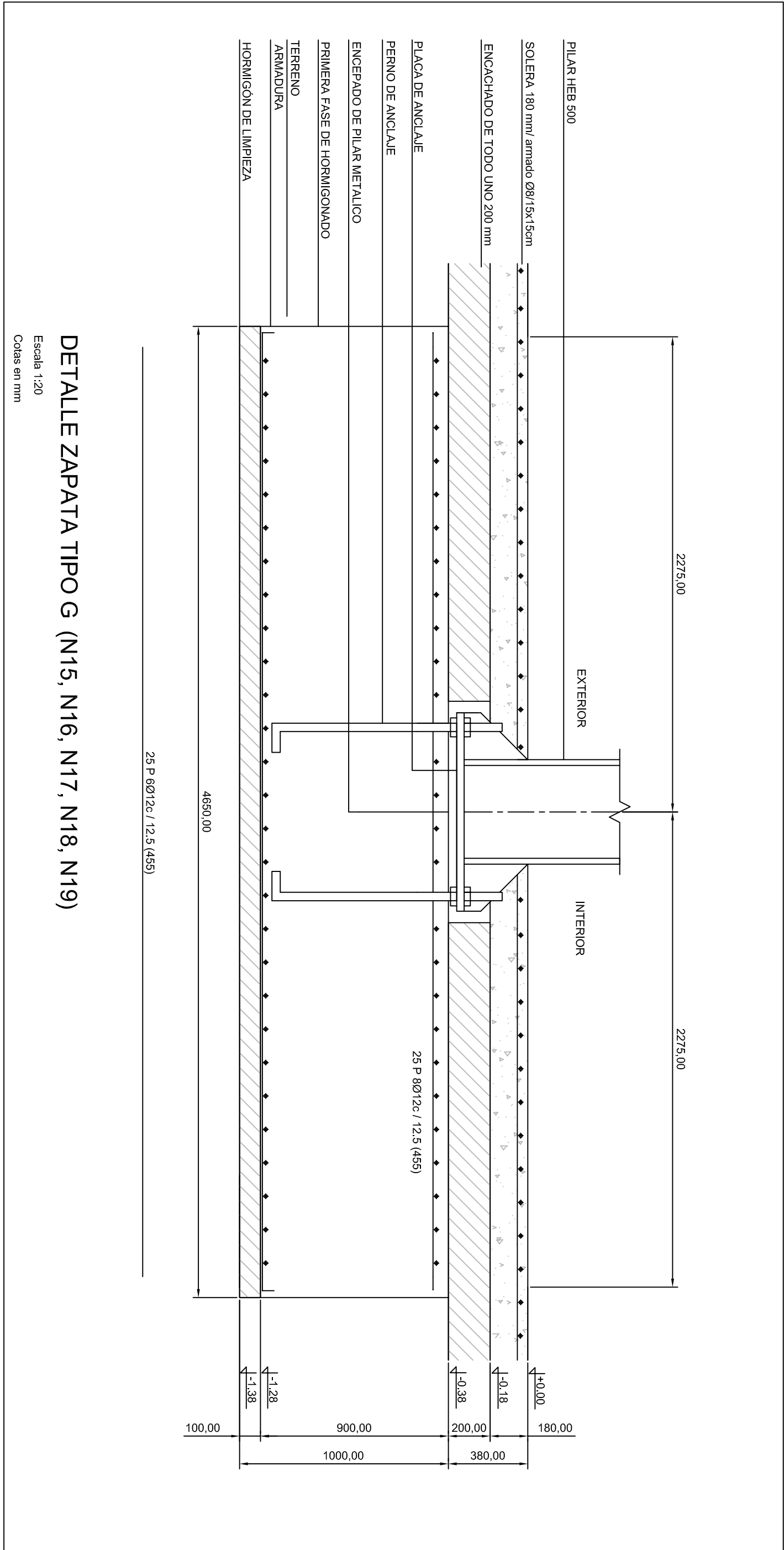
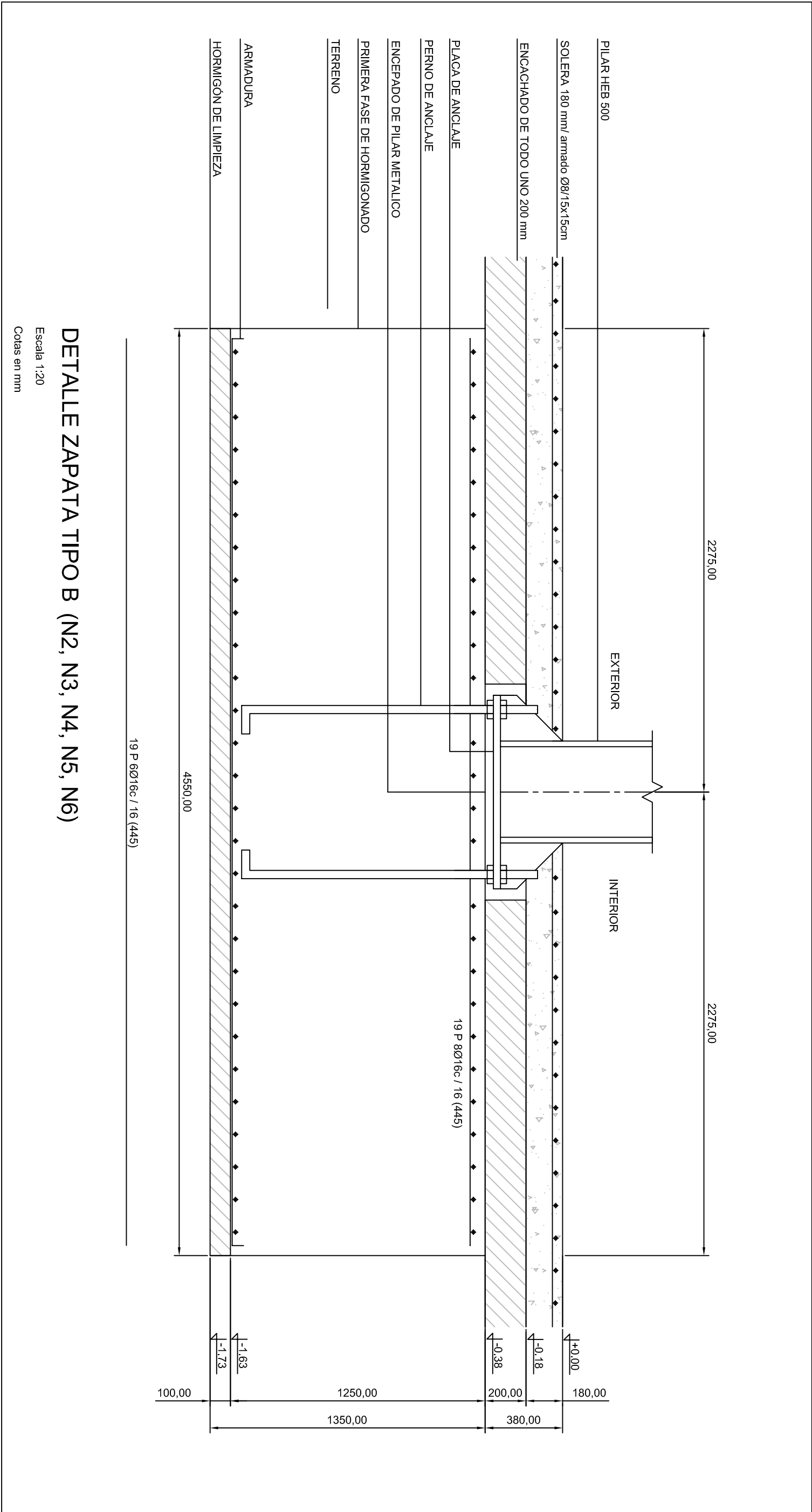
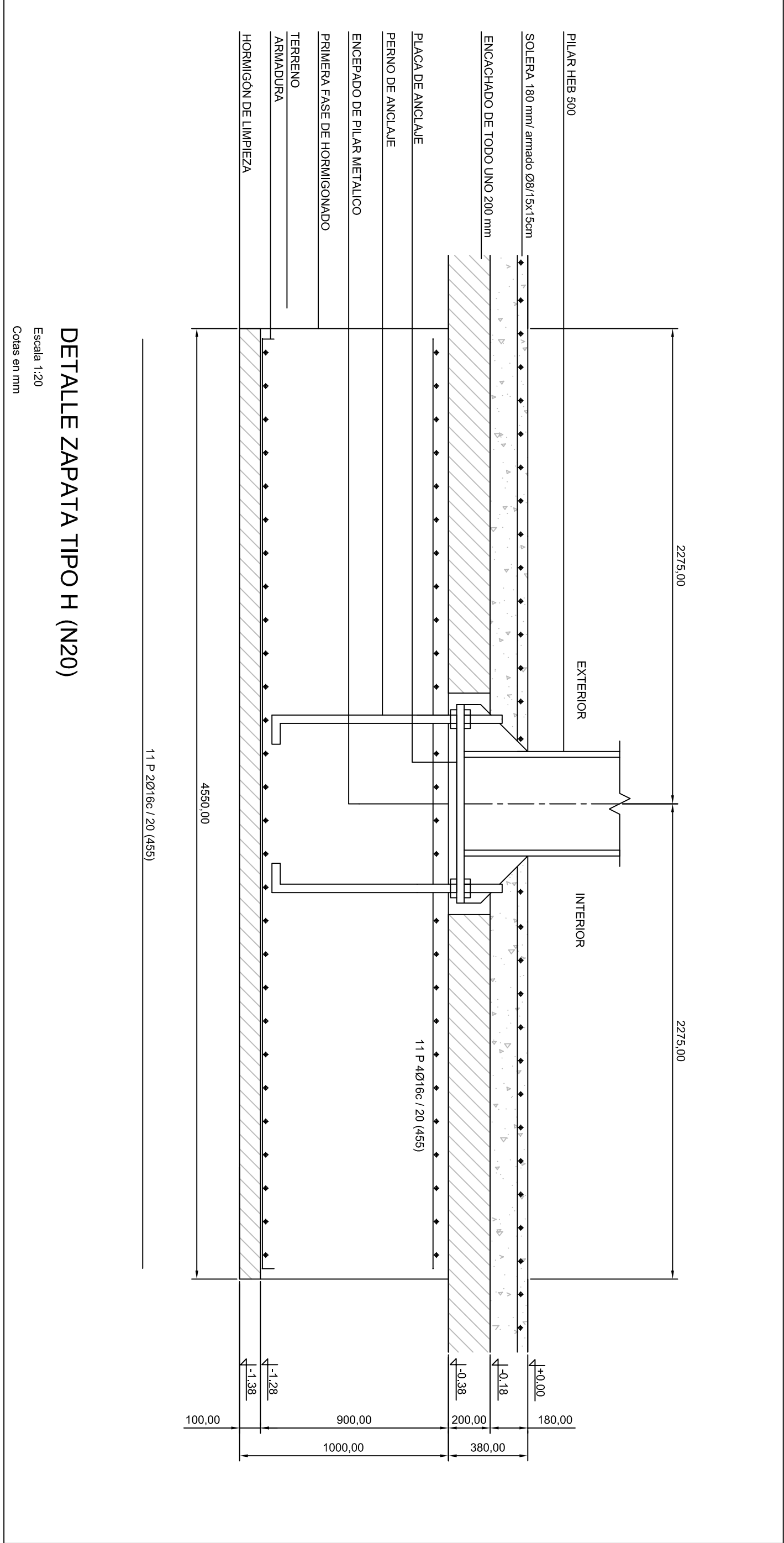
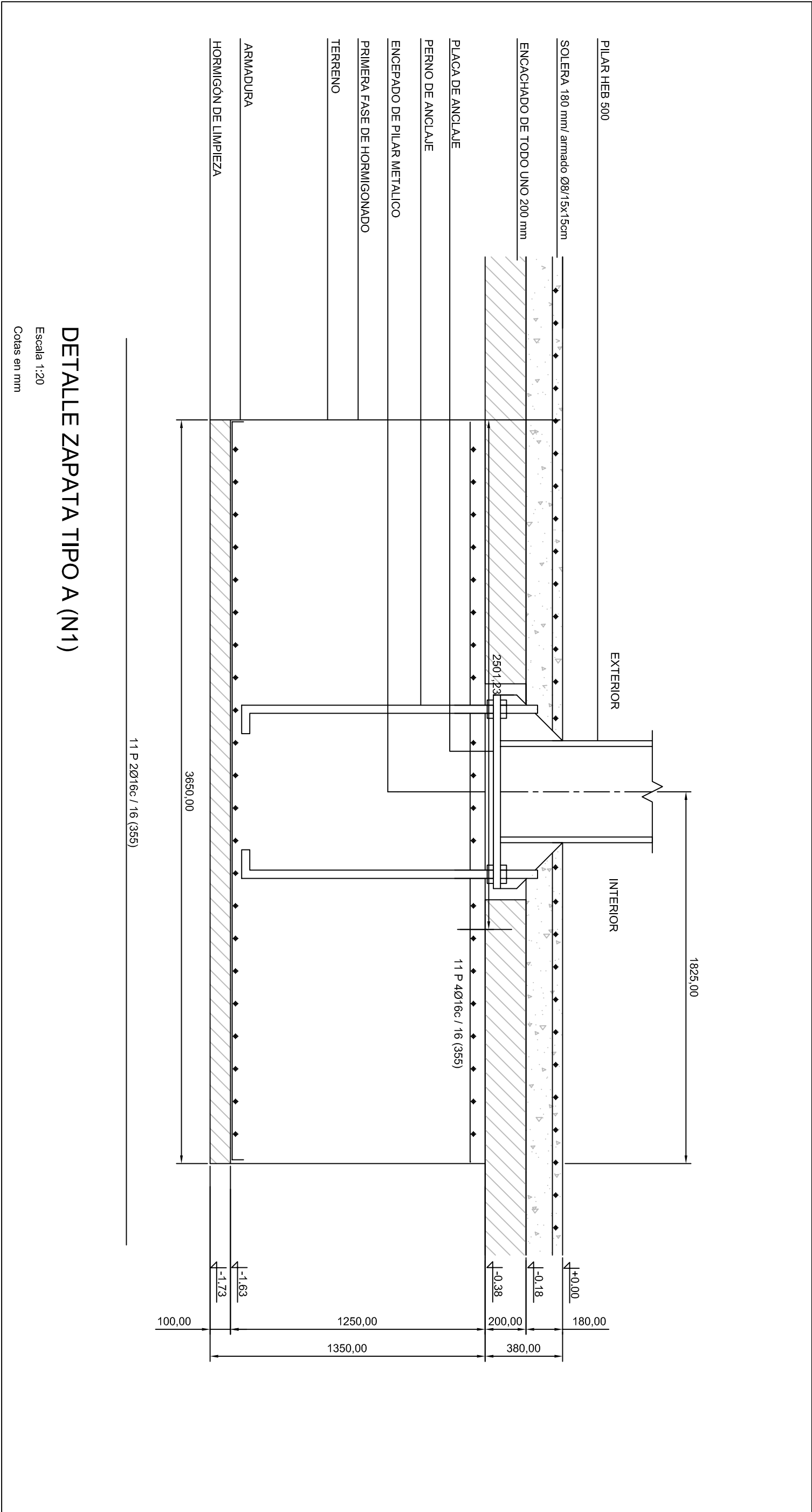
FECHA:  
6/9/2013

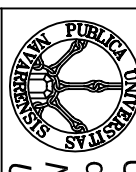
FIRMA:

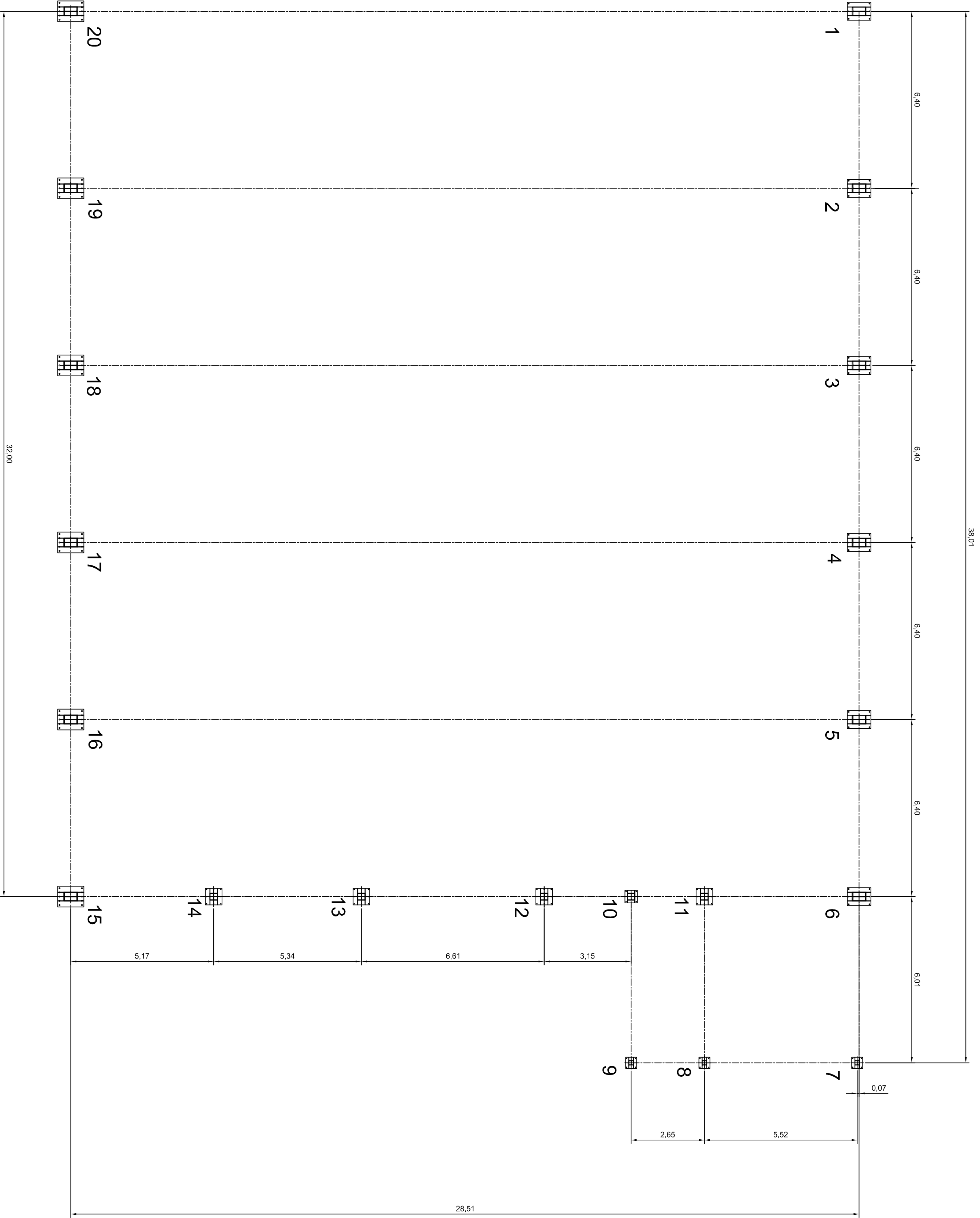
ESCALA:  
1:20

Nº PLANO:  
Nº 4.2





	Universidad Pública de Navarra <i>Universitate Publika de Navarra</i>	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL	
		INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.		
PROYECTO: SISTEMA AUTOMÁTICO DE ALIMENTACIÓN DE OVINO		REALIZADO: CABODEVILLA OLLO JON		
PLANO: PLANO DETALLES ZAPATAS		FIRMA:		
		FECHA: 6/9/2013		
		ESCALA: 1:20		
		Nº PLANO: Nº 4.3		



PLANTA DE ANCLAJES Y PILARES

CUADRO DE PLACAS DE ANCLAJE	
UNIDADES	NÚMERO DE PLACA
6	N1=N2=N3=N4=N5=N6
3	N7=N8=N9
1	N10
4	N11=N12=N13=N14
6	N15=N16=N17=N18=N19=N20

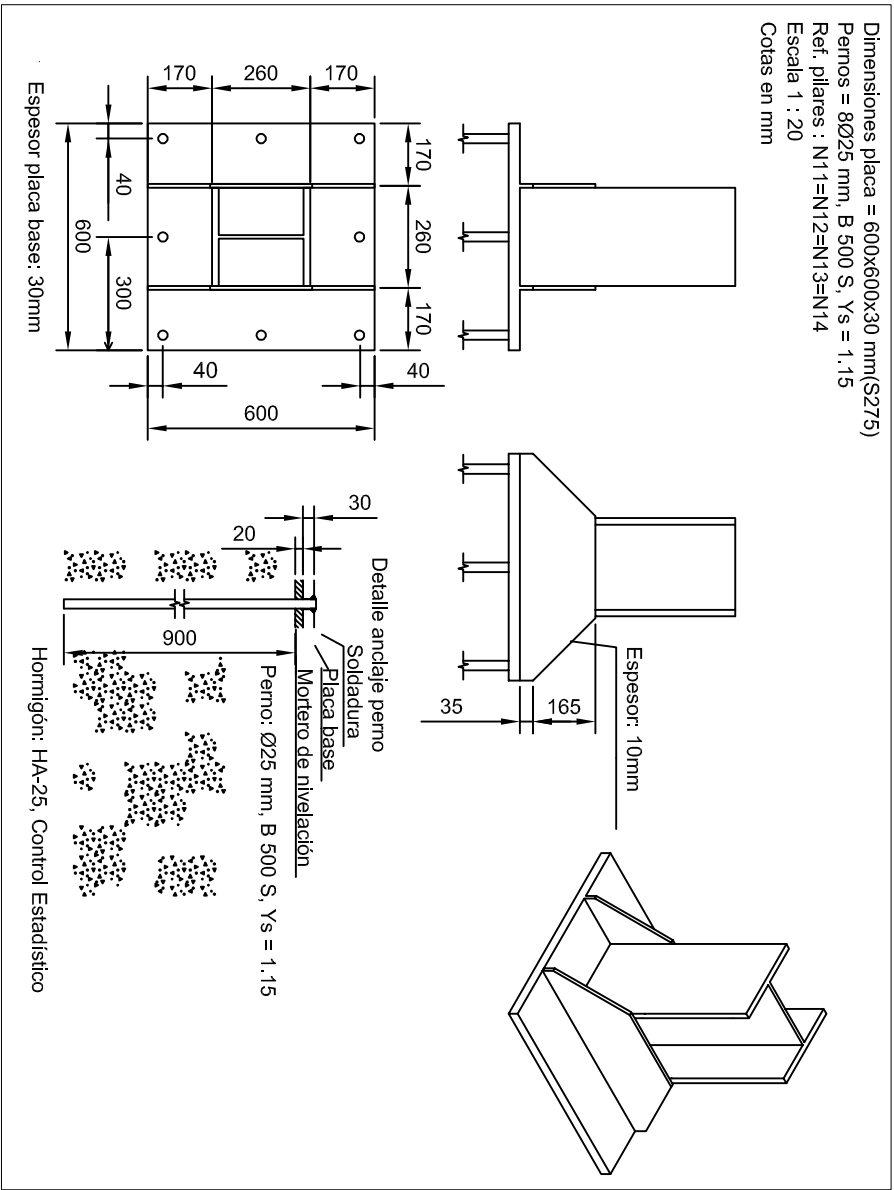
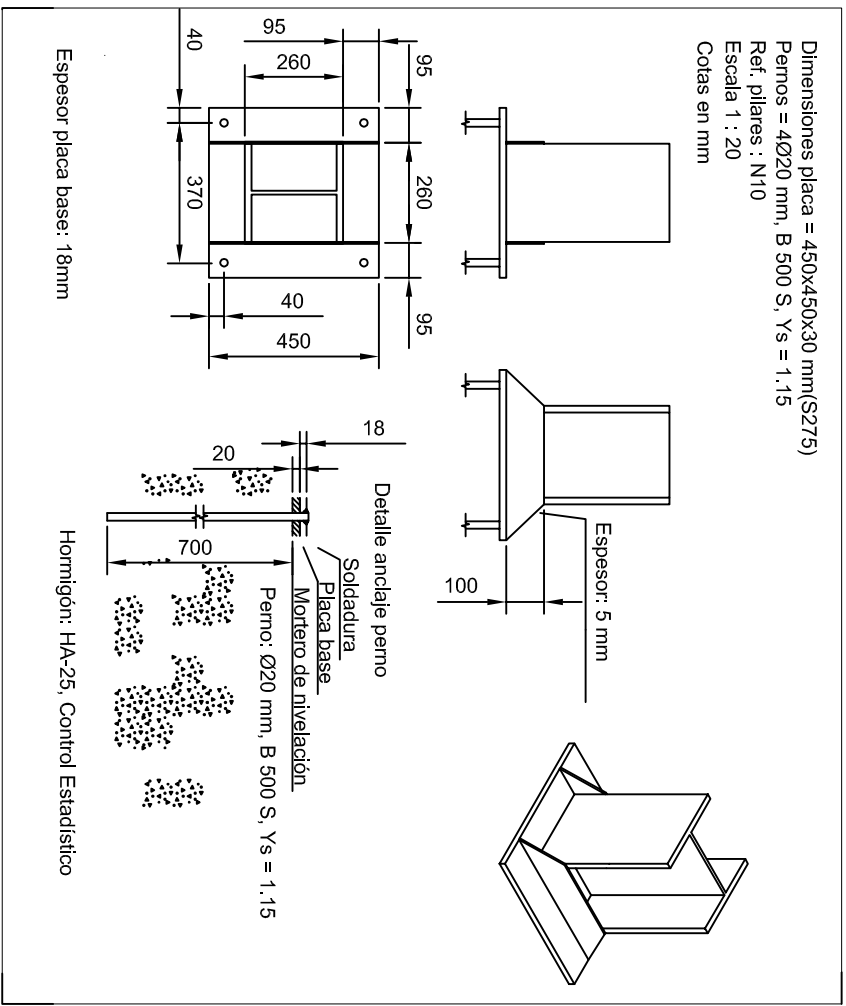
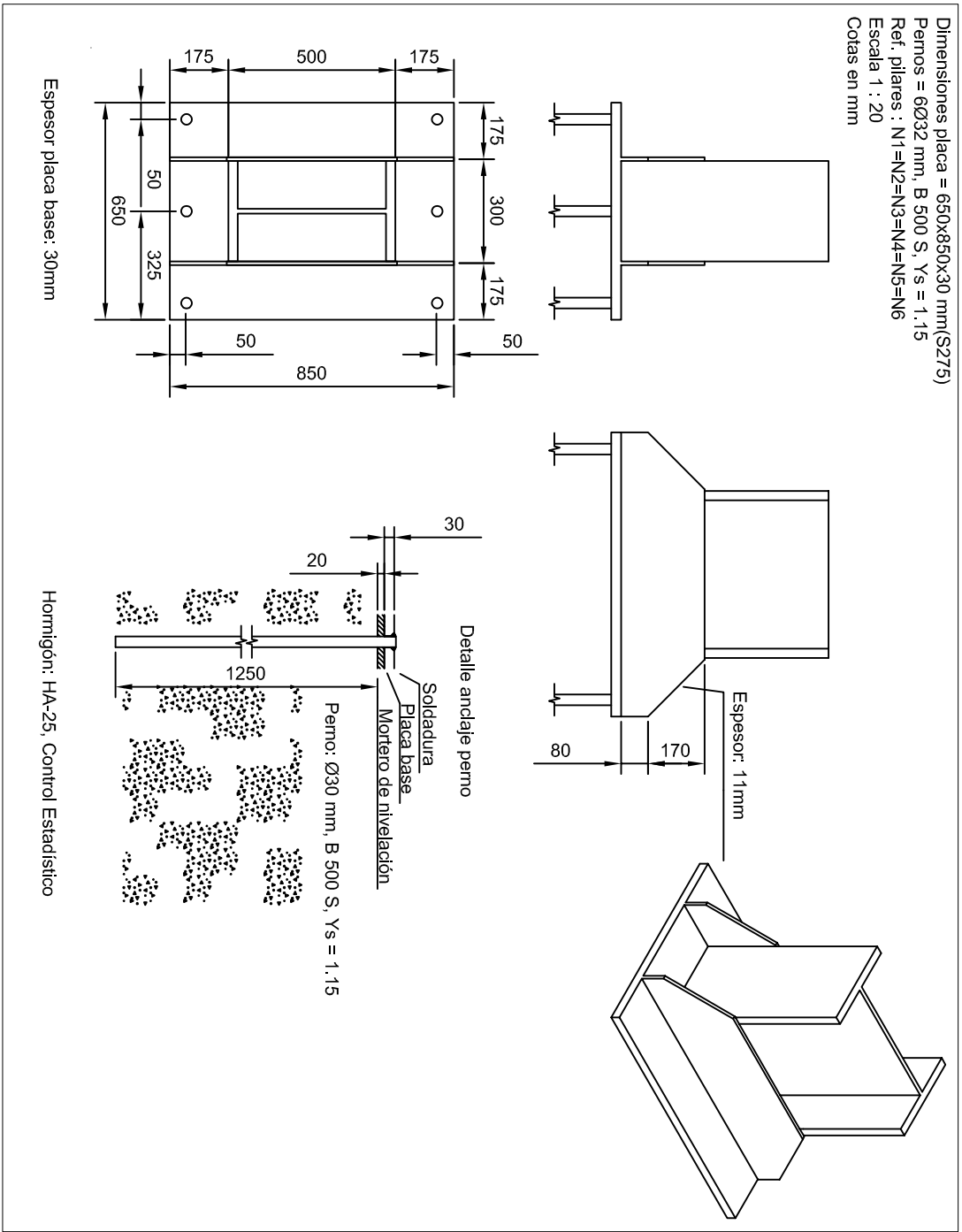
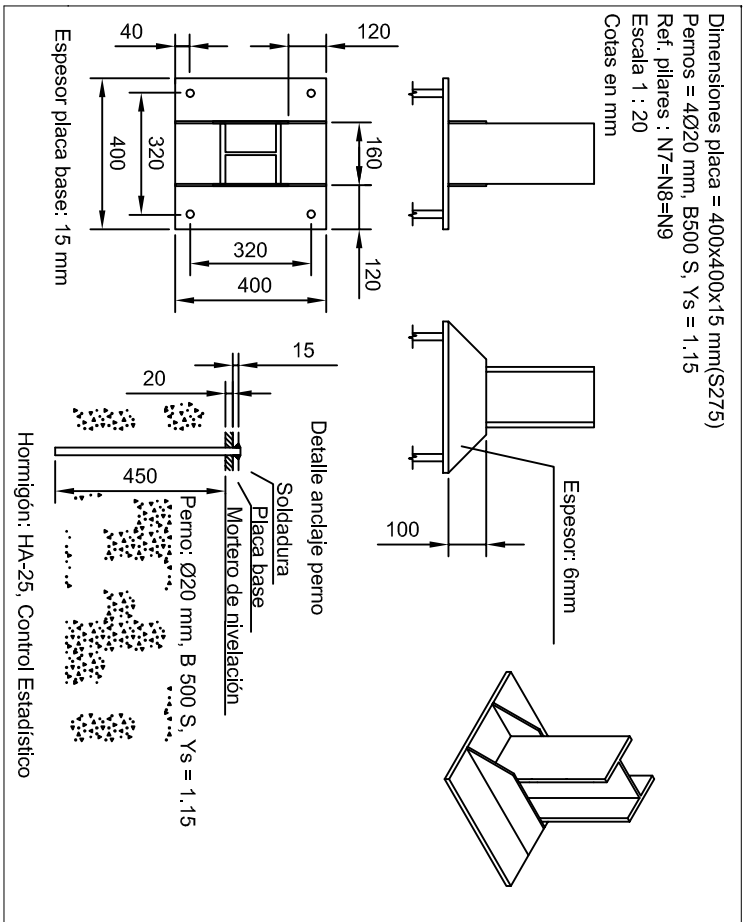
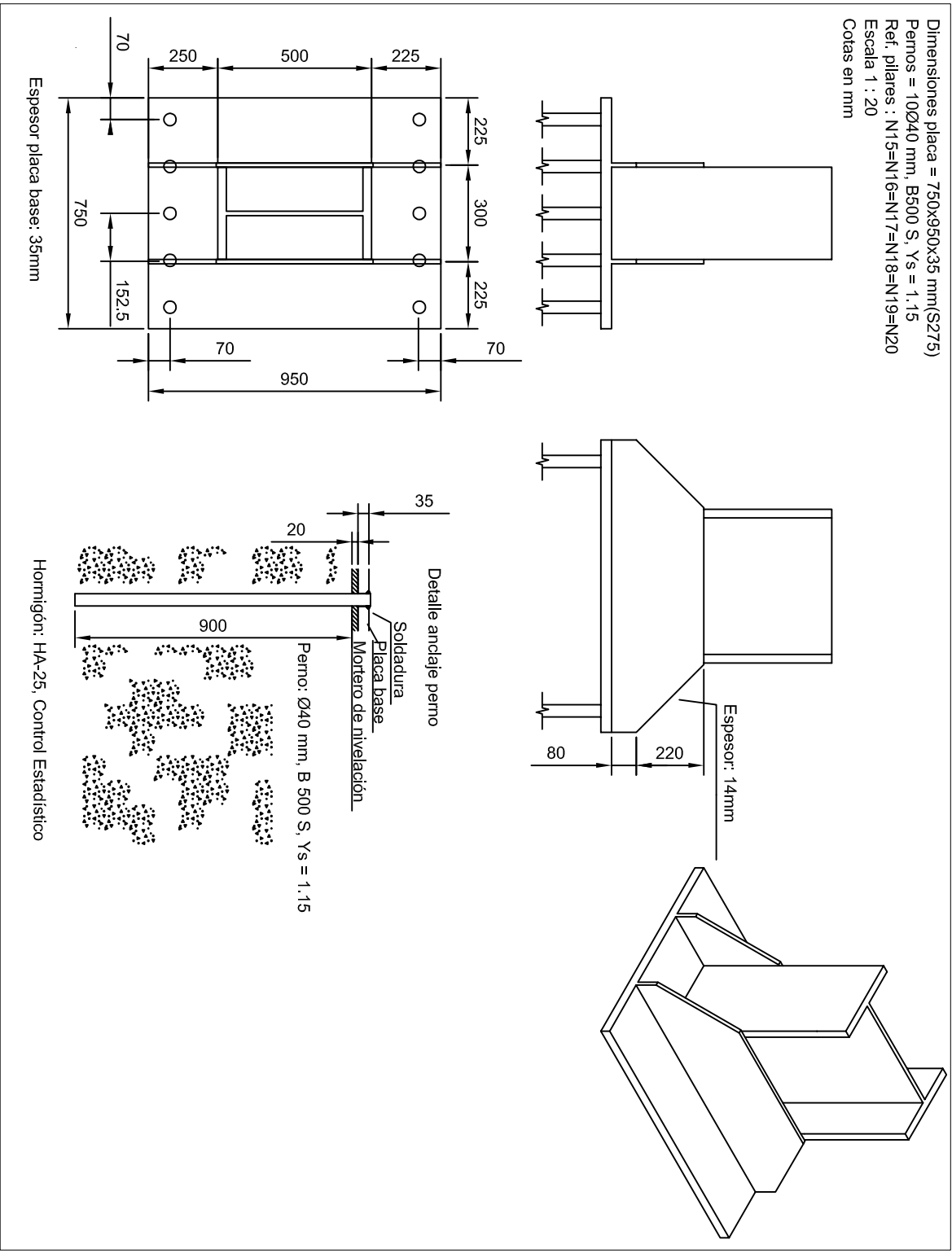
CUADRO DE PILARES	
UNIDADES	NÚMERO DE PLACA
12	N1=N2=N3=N4=N5=N6=N7=N8=N9=N10
3	N7=N8=N9
5	N10=N11=N12=N13=N14


MATERIAL:

HEB - 500

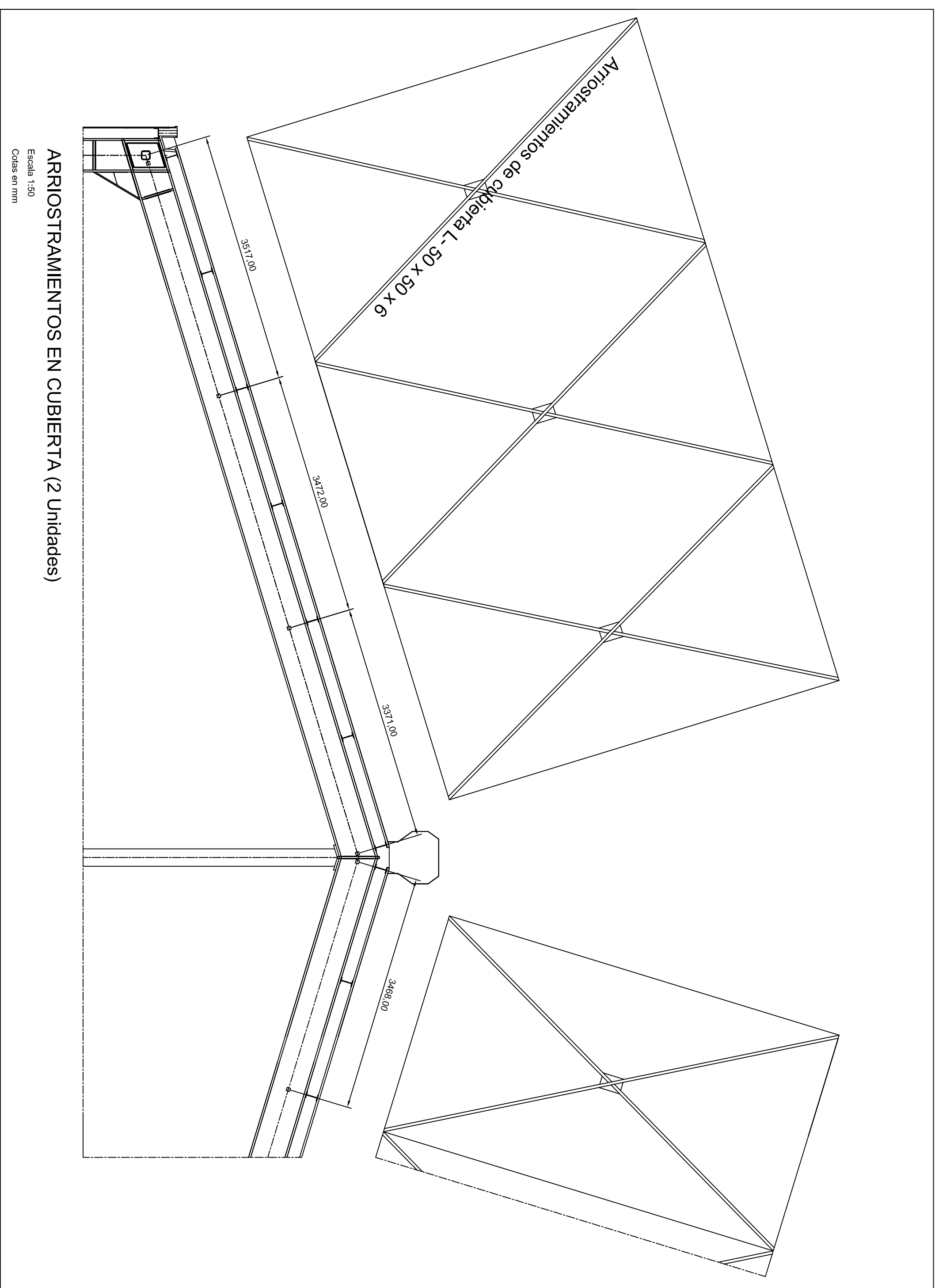
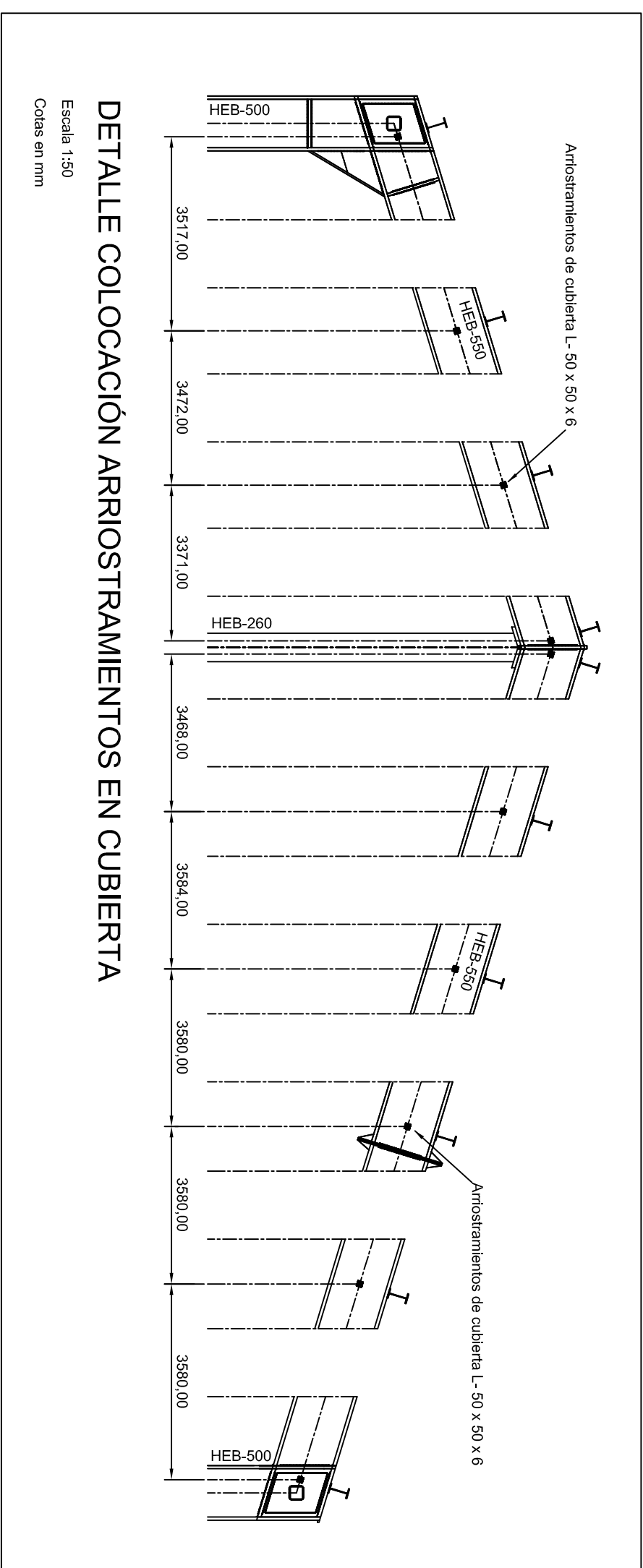
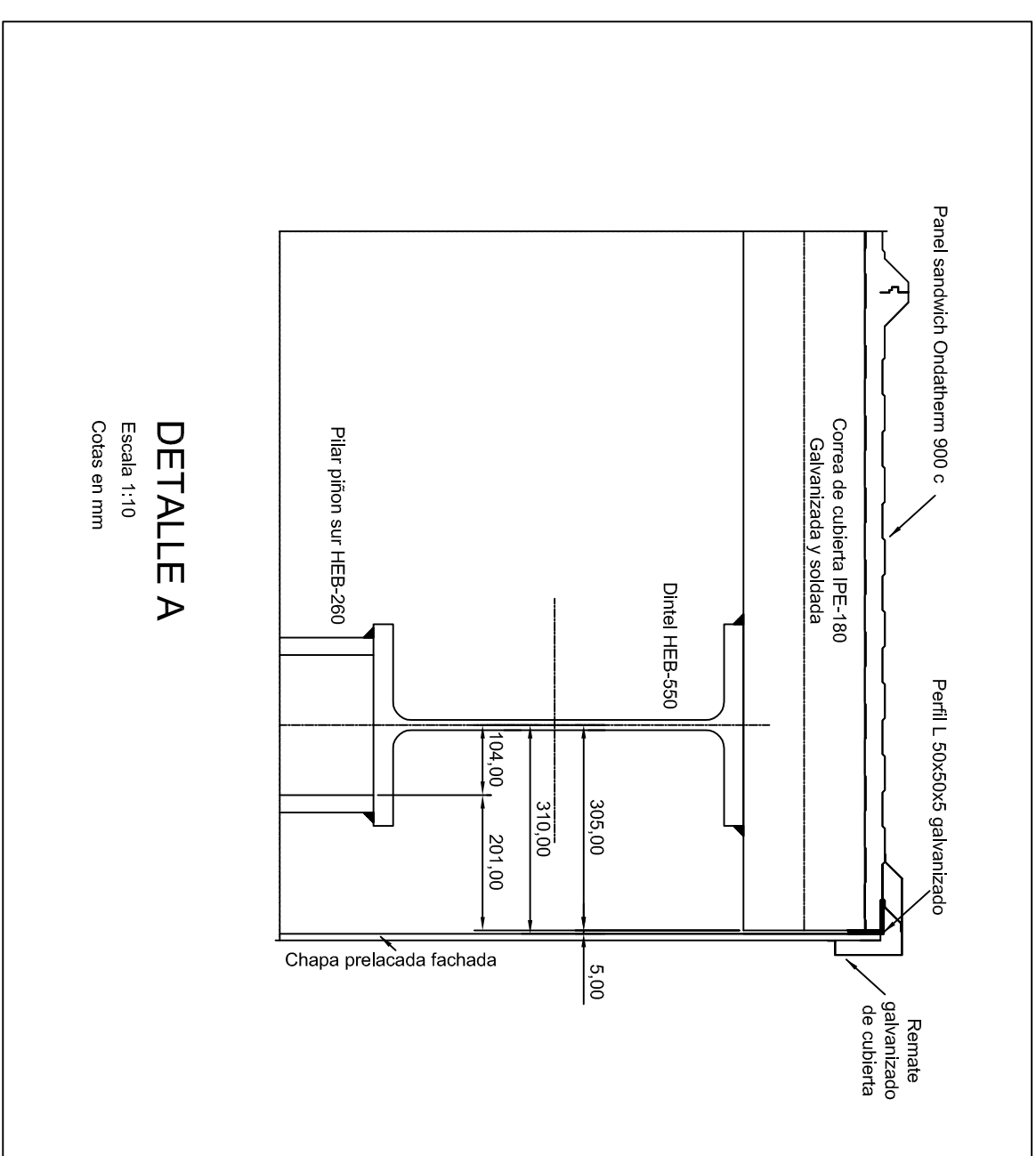
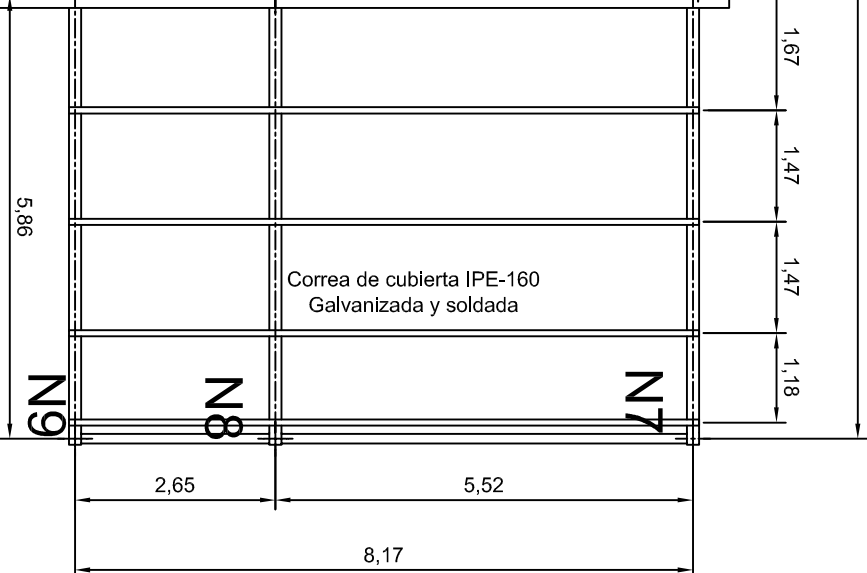
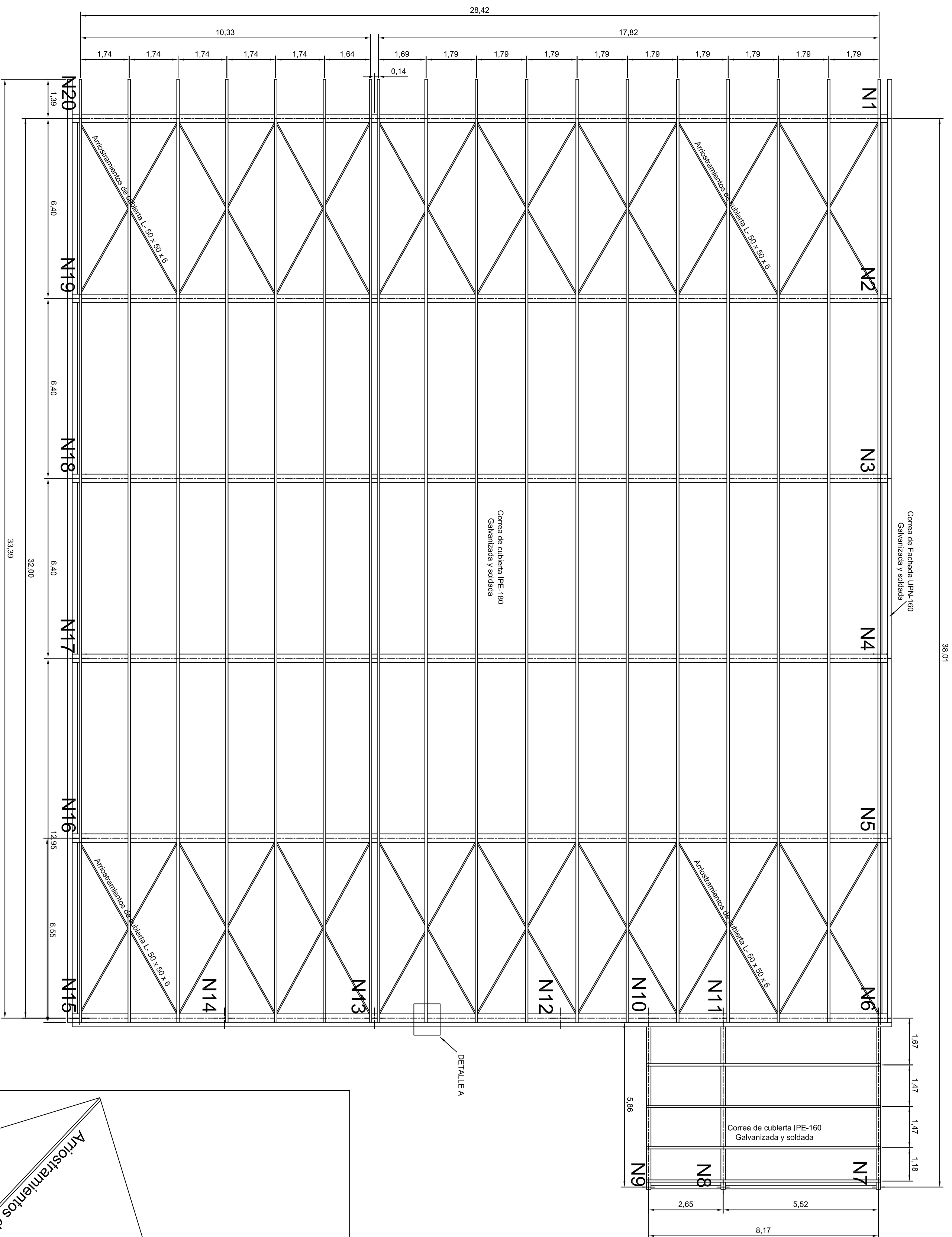
HEB - 200


HEB - 160



	Universidad Pública de Navarra Universitate Pública	E.T.S.I.I.T.T.
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
PROYECTO: SISTEMA AUTOMÁTICO DE ALIMENTACIÓN DE OVINO		REALIZADO: CABODEVILLA OLLO JON
PLANO: PLACAS DE ANCLAJES Y DETALLES		FIRMA:
FECHA: 6/9/2013		ESCALA: 1:100
Nº 4.4		





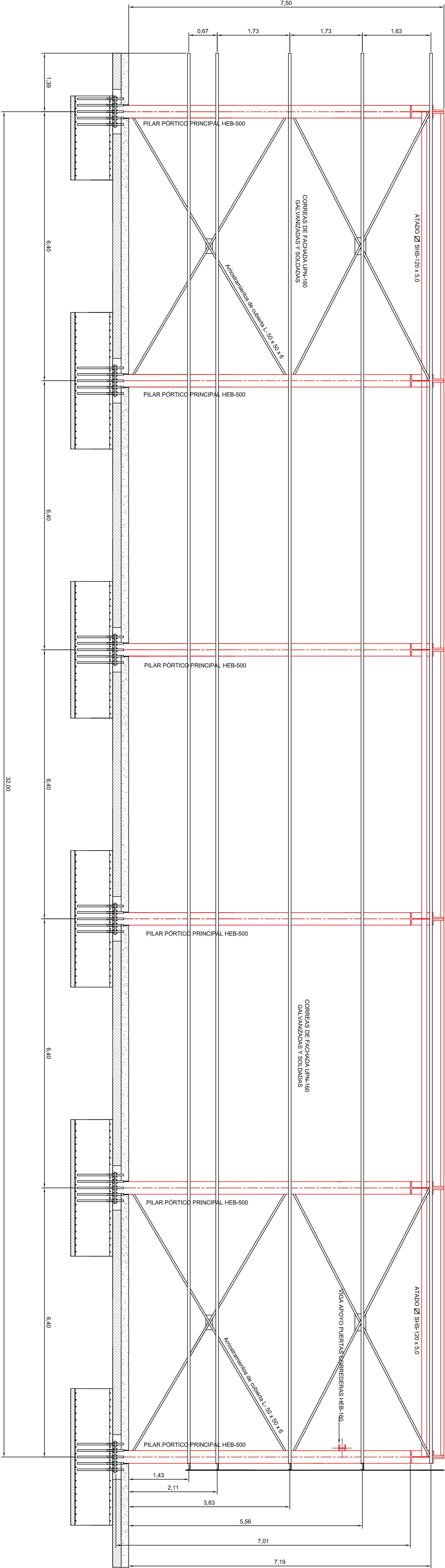
 Universidad Pública de Navarra Mataroko Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.		DEPARTAMENTO:  DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
	PROYECTO: <b>SISTEMA AUTOMÁTICO DE ALIMENTACIÓN DE OVINO</b>		
PLANO: <b>PLANTA DE CUBIERTA Y DETALLES</b>		FECHA: 6/9/2013	ESCALA: 1:100 Nº PLANO: Nº 4.5





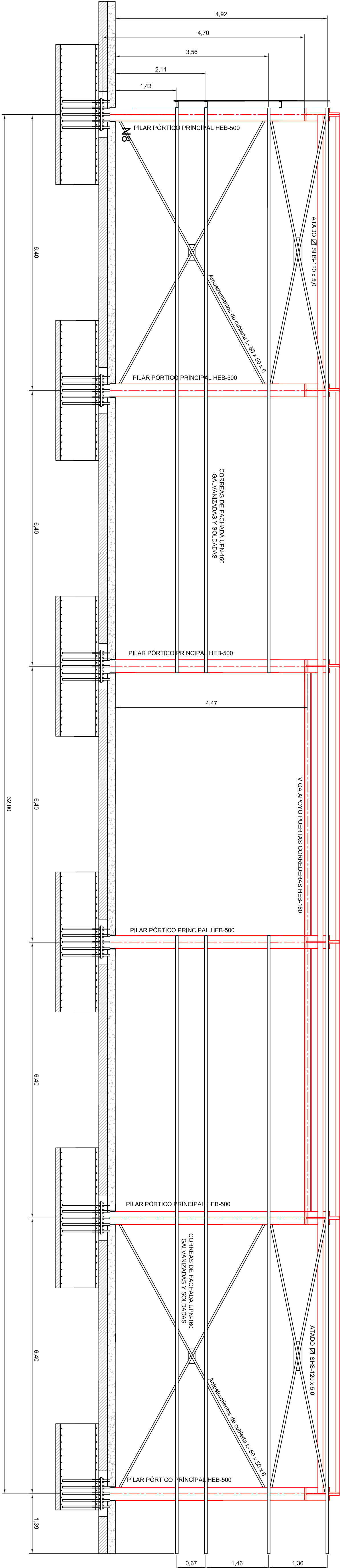







SECCIÓN FACHADA FRONTAL OESTE

Escala 1:50

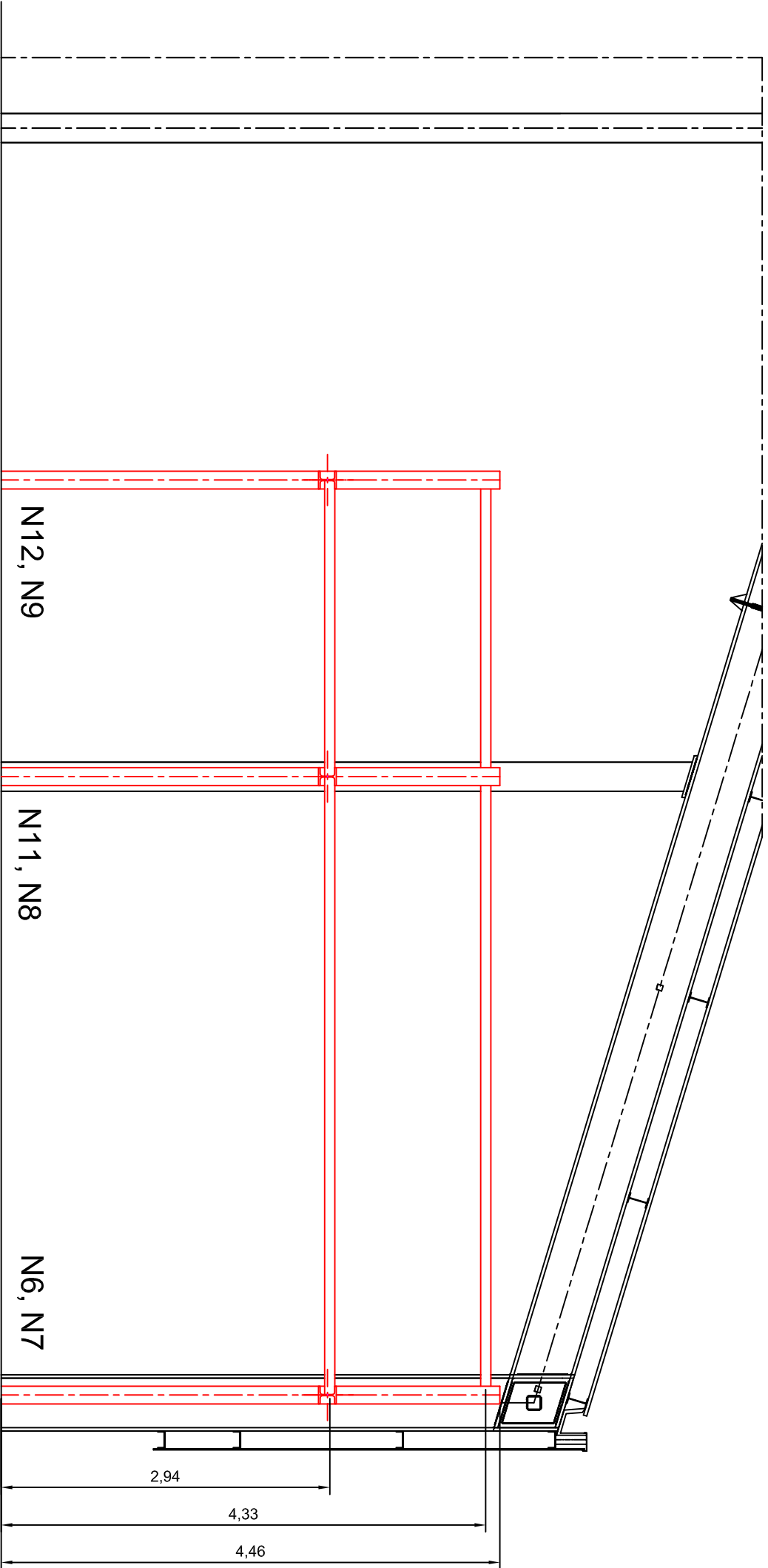


SECCIÓN FACHADA FRONTAL ESTE

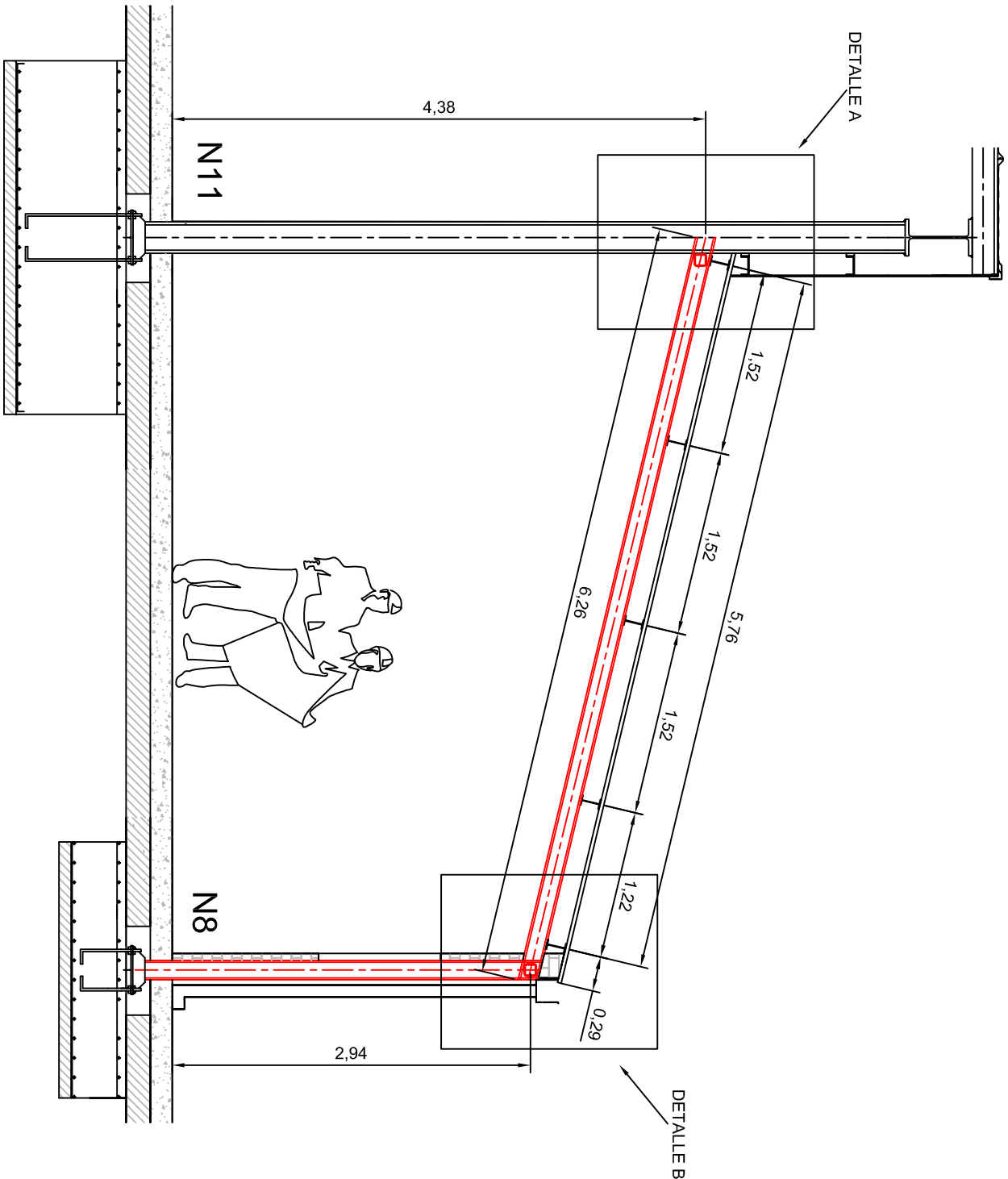
Escala 1:50

 Universidad Pública de Navarra <i>Universitate Publika</i>		<b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.		DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
PROYECTO: <b>SISTEMA AUTOMÁTICO DE ALIMENTACIÓN DE OVINO</b>		REALIZADO: <b>CABODEVILLA OLLO JON</b>		
PLANO: <b>ALZADO FACHADAS LATERALES</b>		FIRMA:	ESCALA: 1:50	Nº PLANO: 4.8
		FECHA: 6/9/2013		

ALZADO FACHADA OFICINA

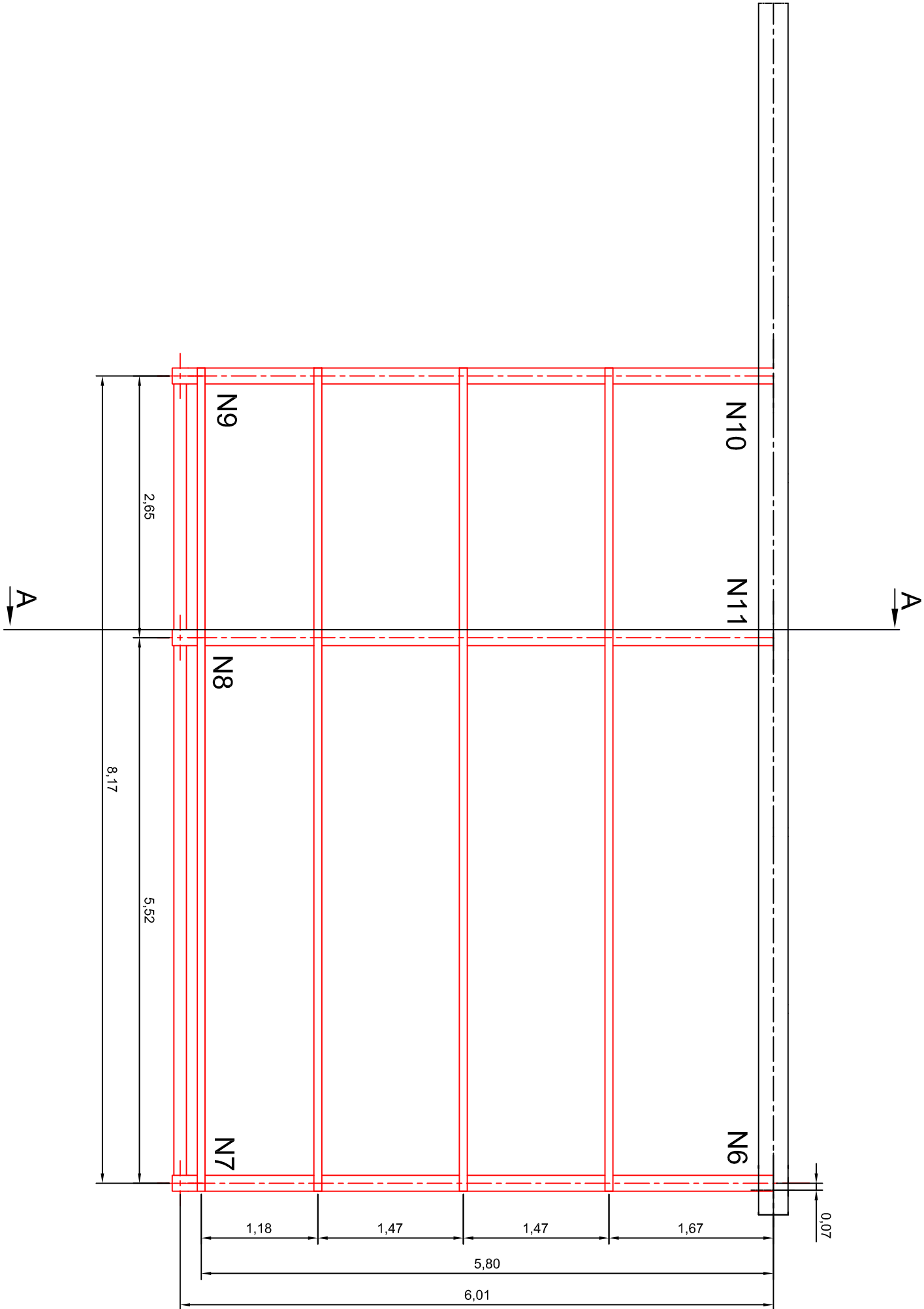
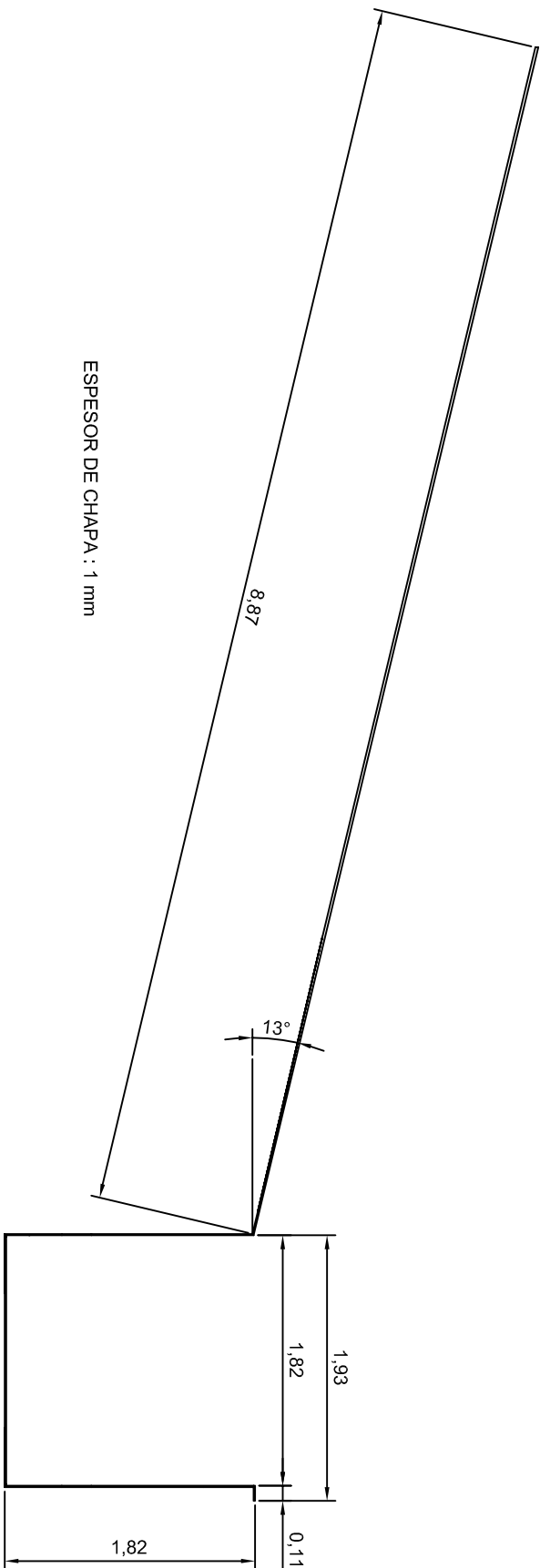


Corte A-A: Sección pórtico tipo oficina (3 Unidades)



DETALLE CANALON CUBIERTA OFICINA

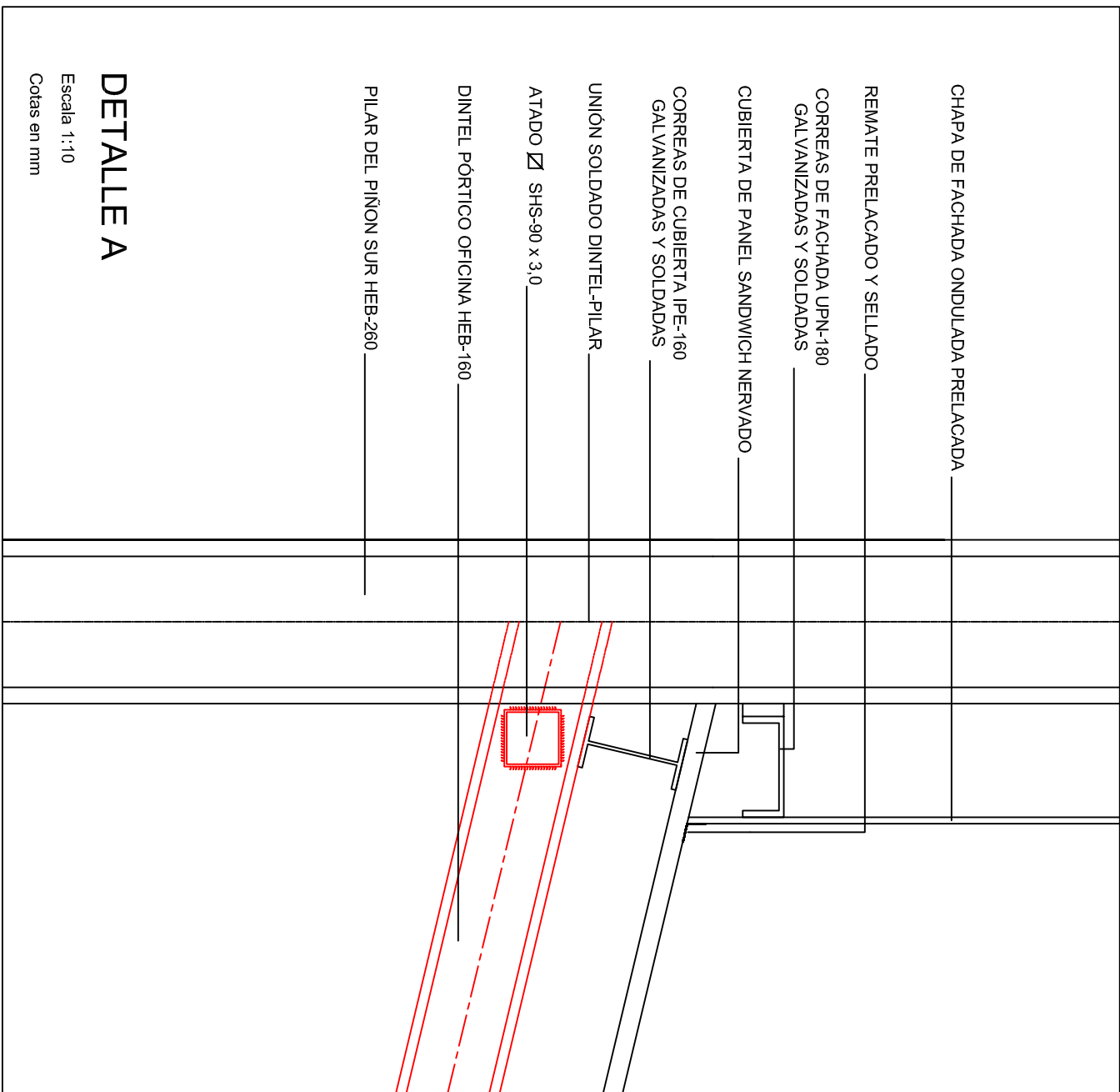
Escala 1:5  
Cotas en mm



PLANTA CUBIERTA OFICINA

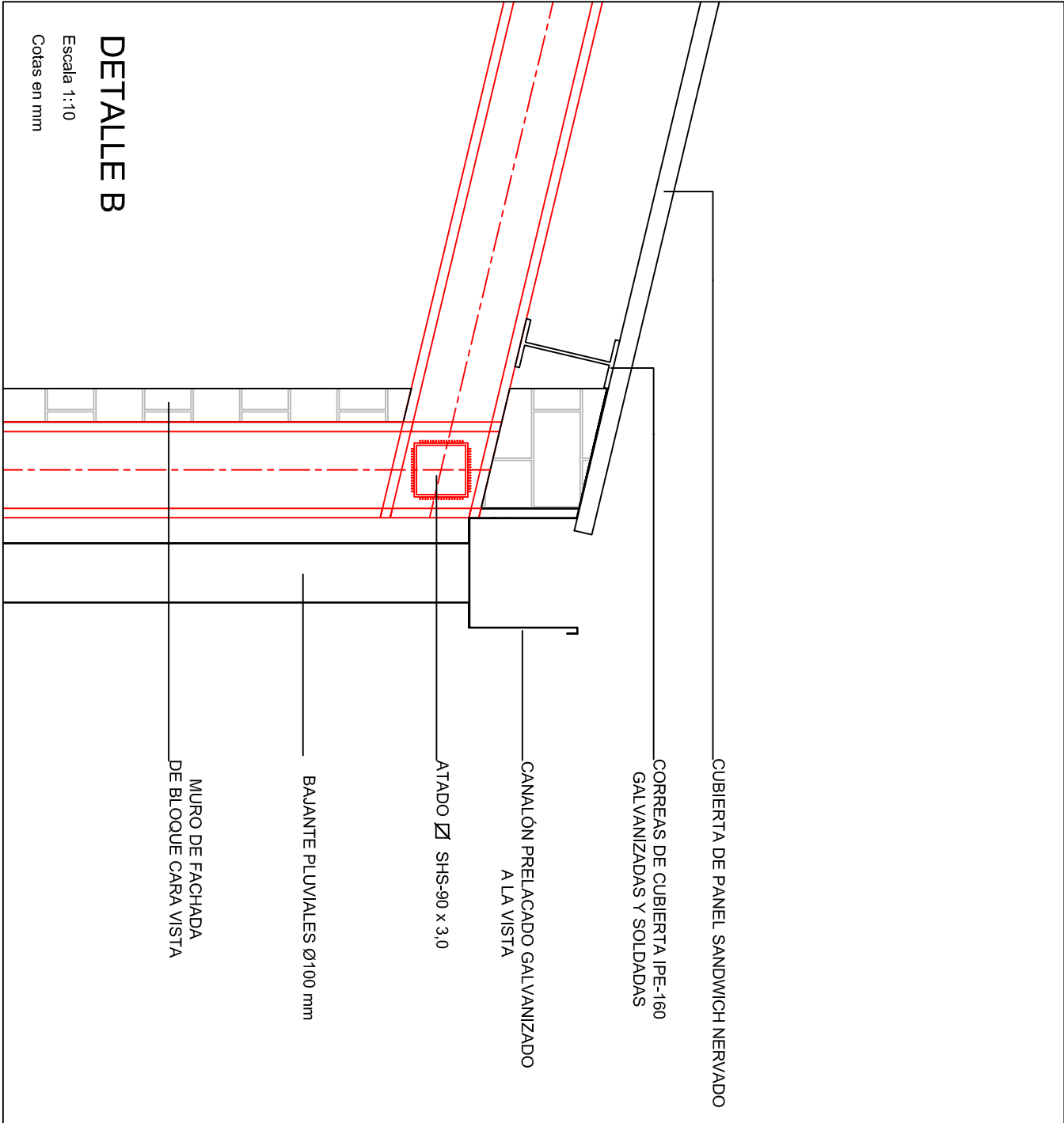
DETALLE A


Escala 1:10  
Cotas en mm

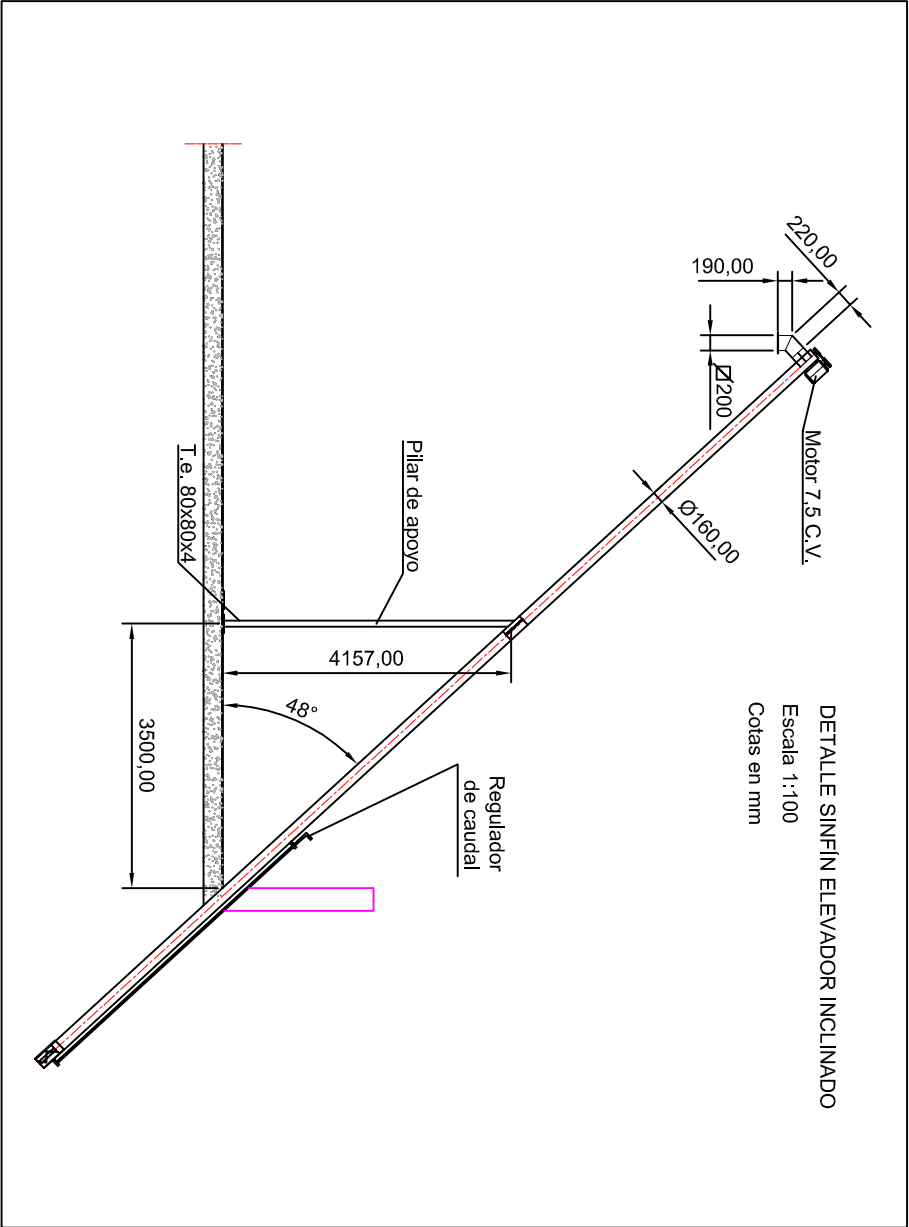
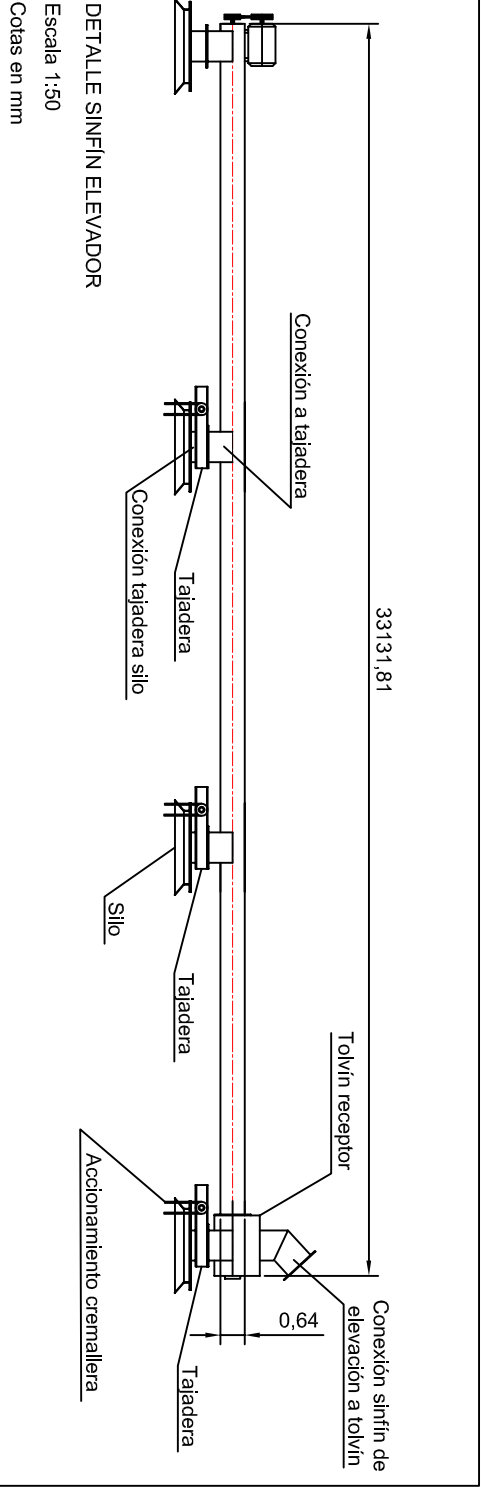
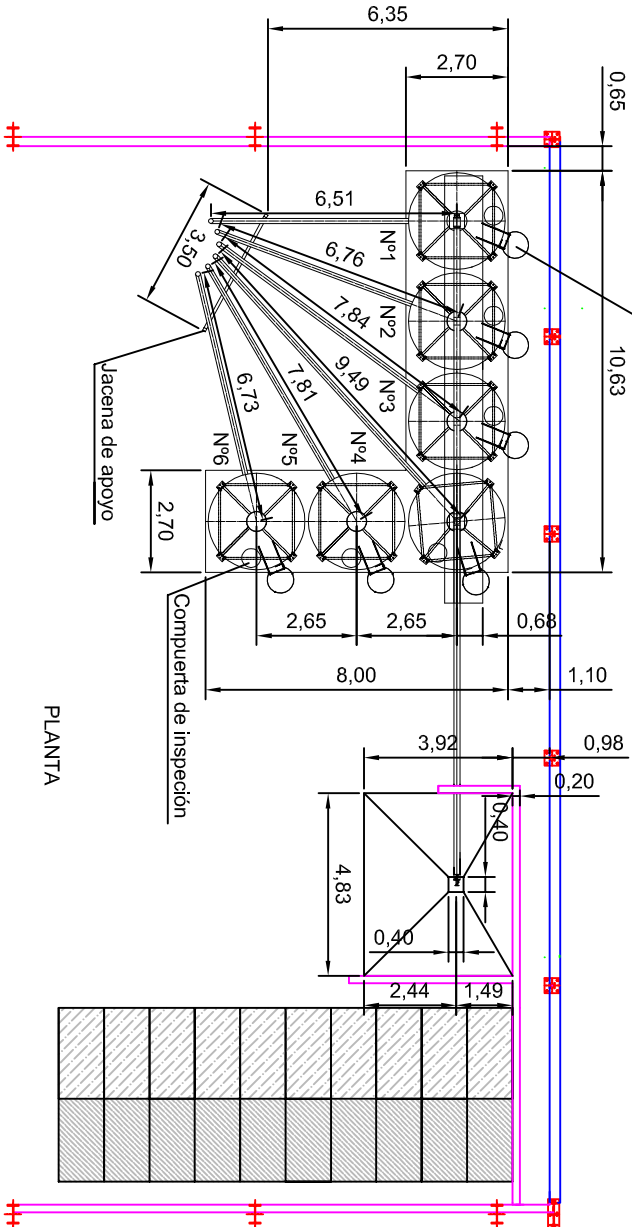
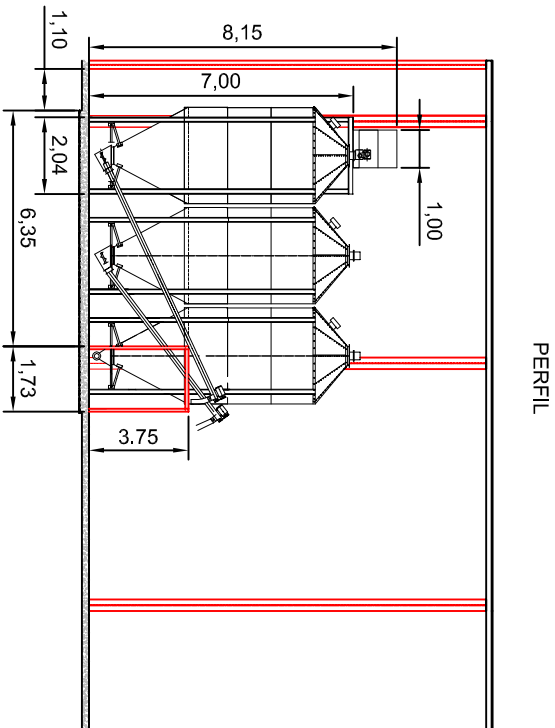
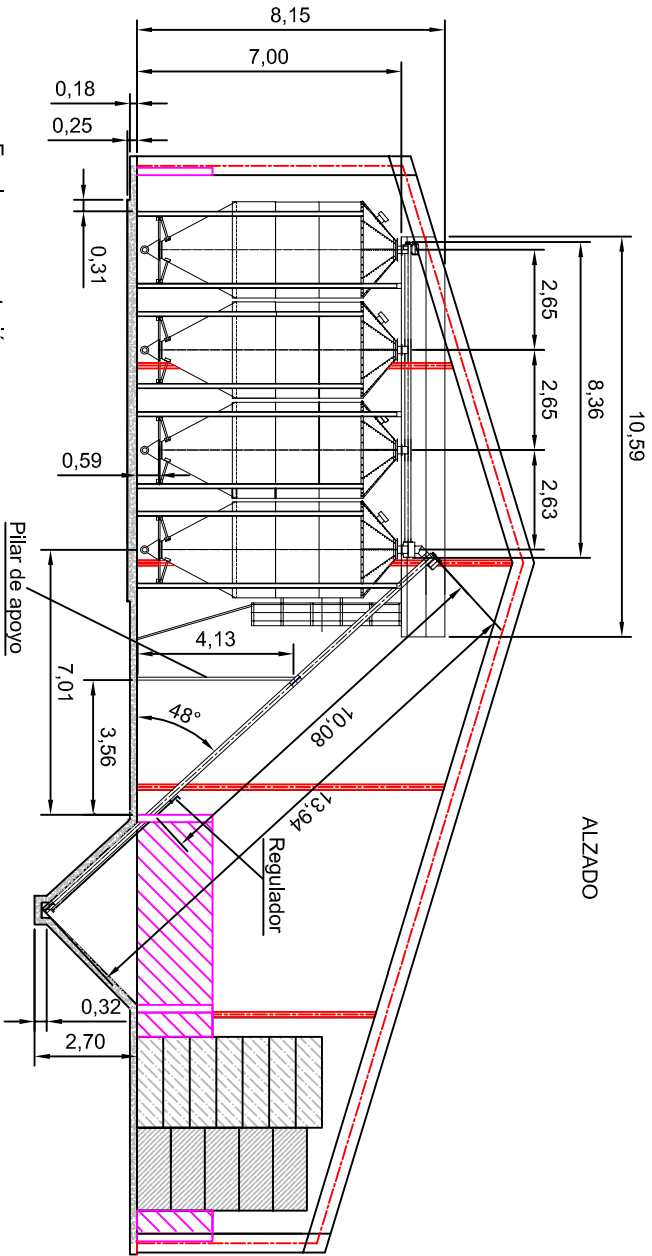



DETALLE B

Escala 1:10  
Cotas en mm

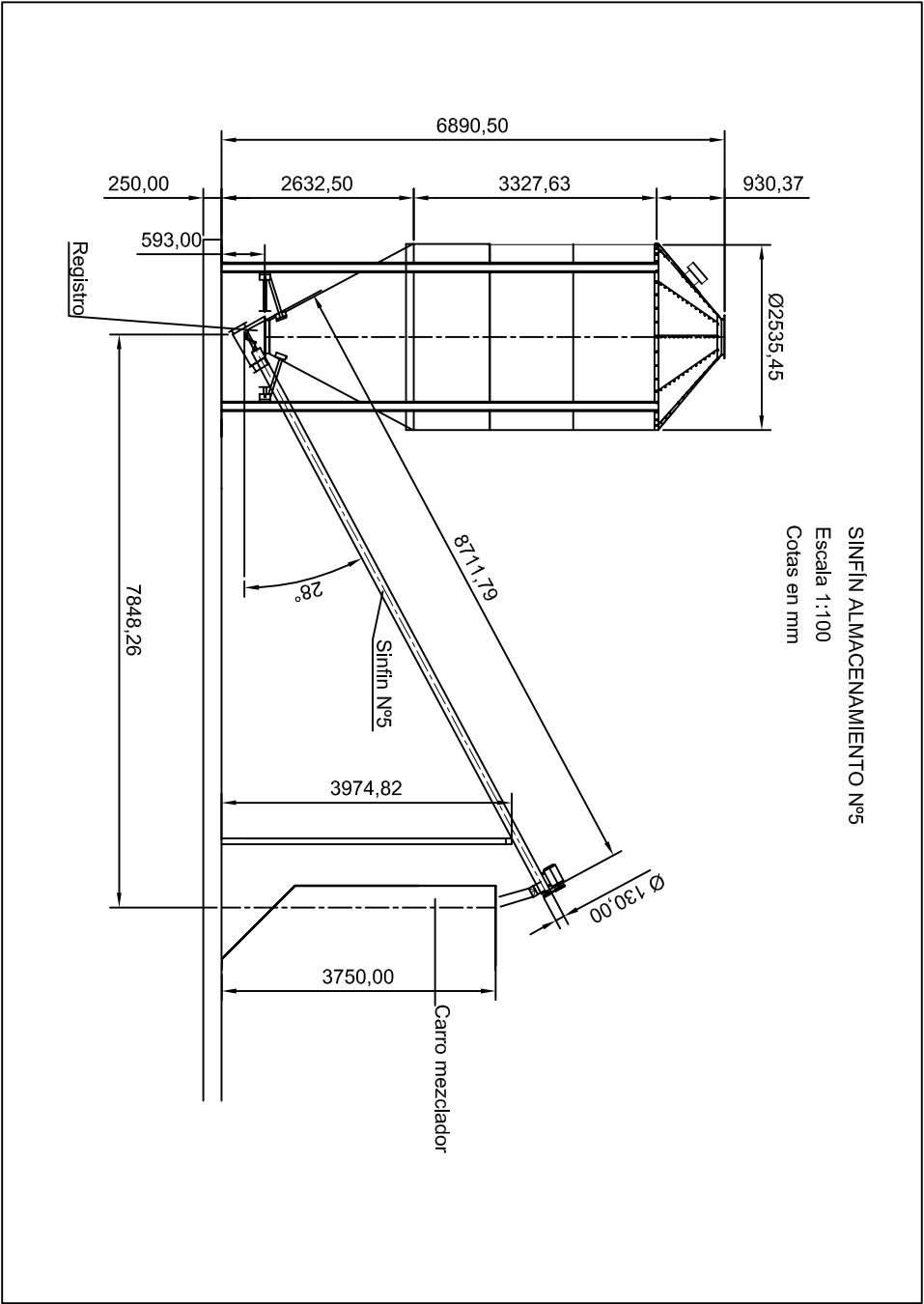
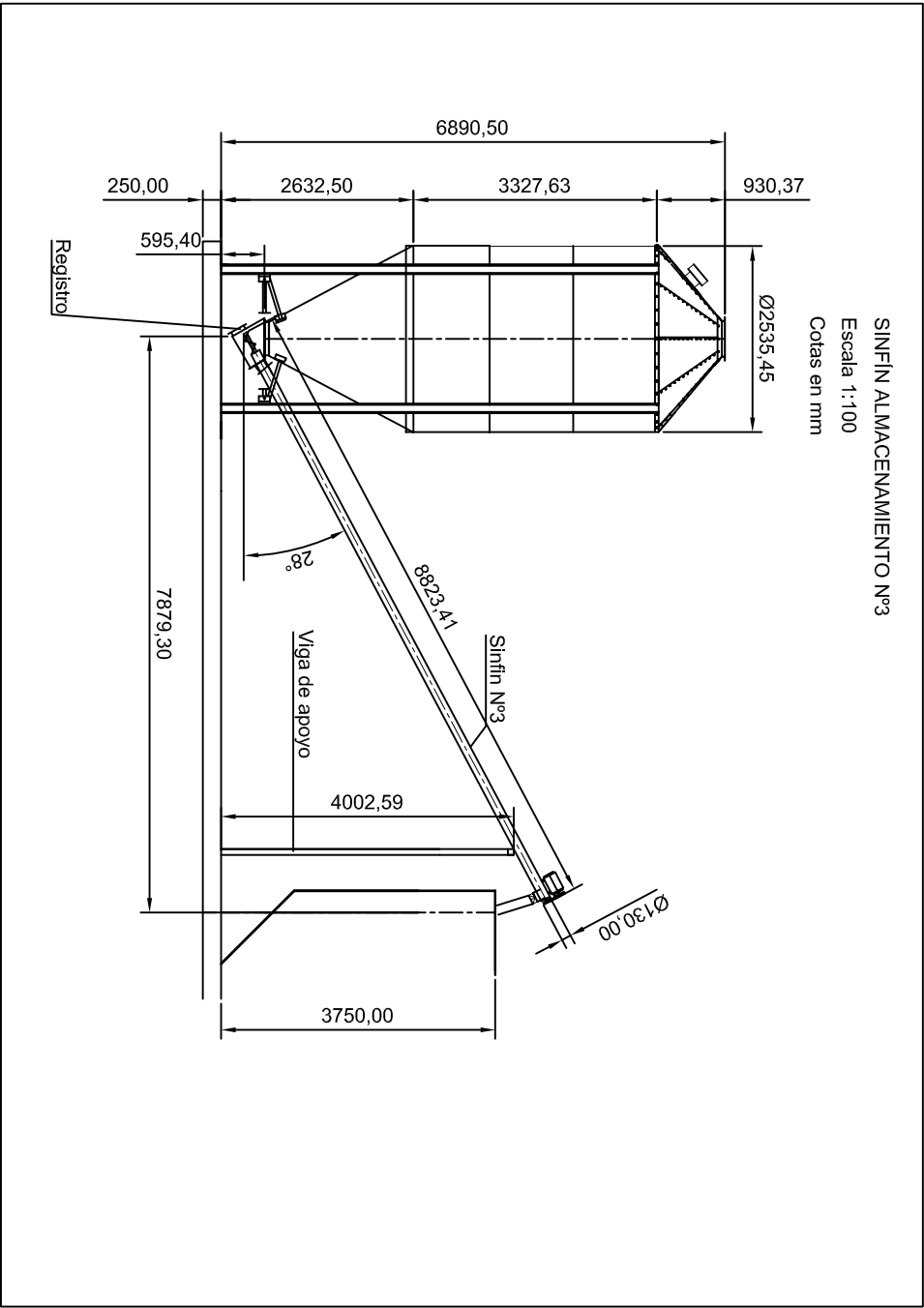
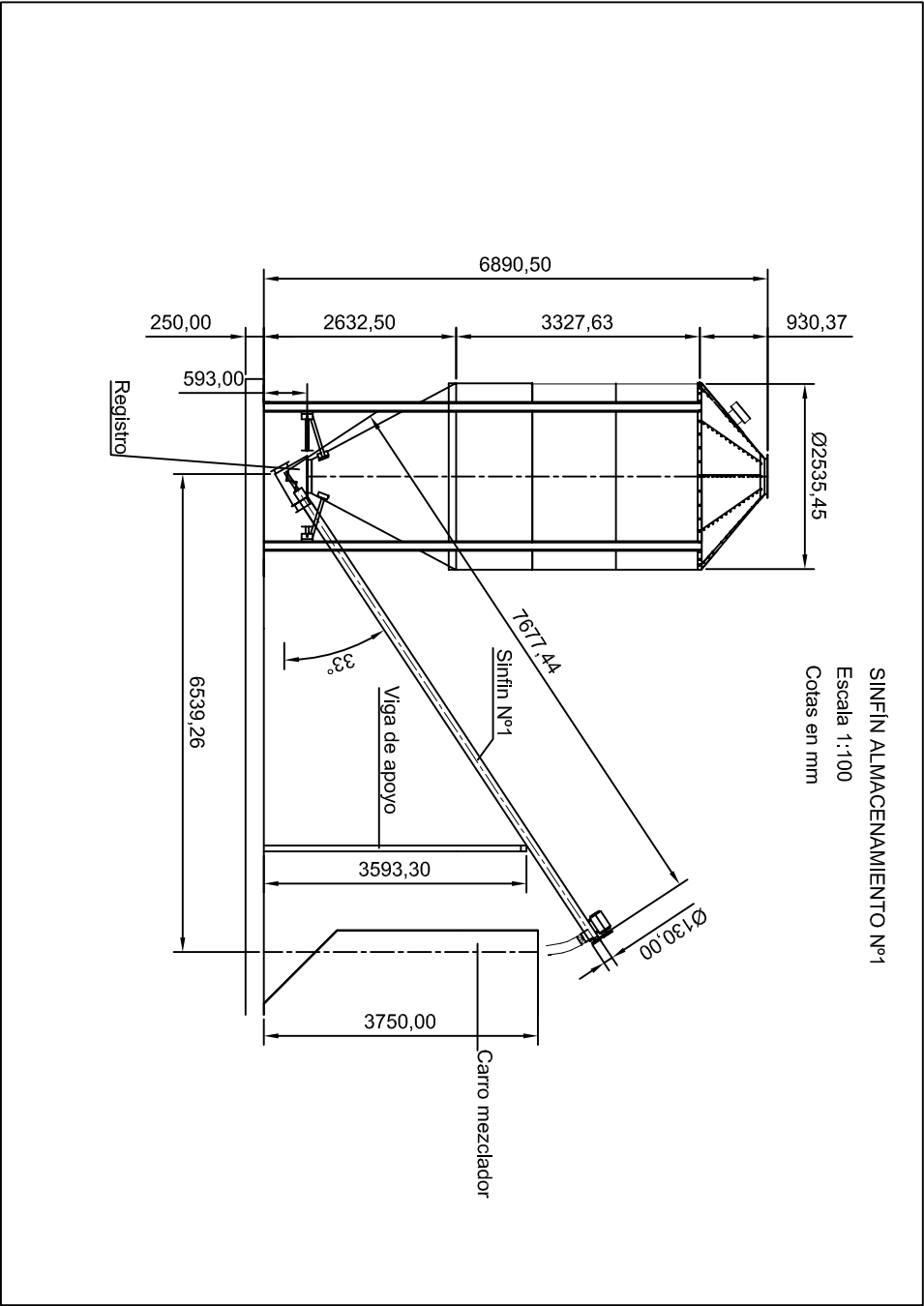



	Universidad Pública de Navarra <i>Unibertsitate Publikoa</i>	<b>E.T.S.I.I.T.</b>		DEPARTAMENTO: <b>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</b>
		<b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.</b>		
PROYECTO: <b>SISTEMA AUTOMÁTICO DE ALIMENTACIÓN DE OVINO</b>		REALIZADO: <b>CABODEVILLA OLLO JON</b>		
PLANO: <b>ESTRUCTURA OFICINA Y DETALLES</b>		FECHA: 6/9/2013		
		ESCALA: 1:50		
		Nº PLANO: 4.9		



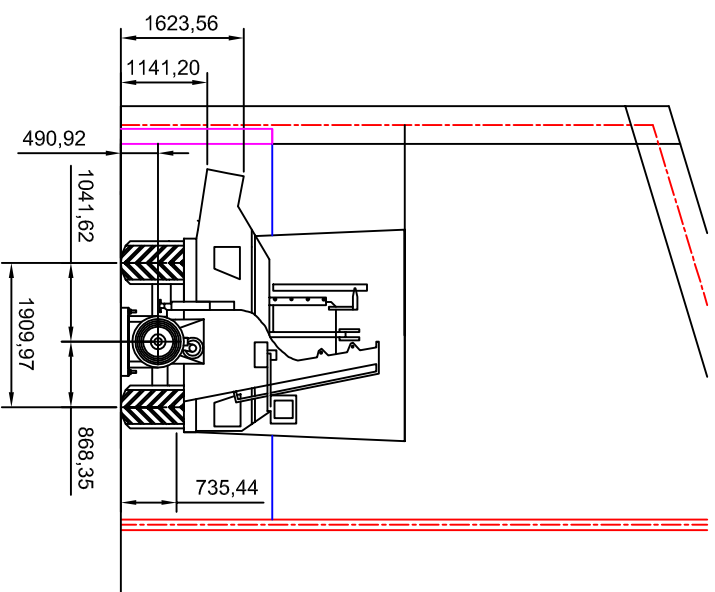
 <div>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div>		<b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.		DEPARTAMENTO: <b>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</b>	
PROYECTO: <b>SISTEMA AUTOMÁTICO DE ALIMENTACIÓN DE OVINO</b>		REALIZADO: <b>CABODEVILLA OLLO JON</b>		FIRMA:	
PLANO: <b>PLANO SISTEMA DE CAPTACIÓN Y DETALLES</b>		FECHA: 6/9/2013		ESCALA: 1:200	
				Nº PLANO: Nº 5.1	





		Universidad Pública de Navarra		E.T.S.I.I.T.		DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL	
Nafarroako Unibertsitate Publikoa		INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.		REALIZADO: CABODEVILLA OLLO JON		FIRMA:	
PROYECTO: SISTEMA AUTOMÁTICO DE ALIMENTACIÓN DE OVINO		FECHA: 6/9/2013		ESCALA: 1:100		Nº PLANO: Nº 5.2	
PLANO: PLANOS SILOS DE ALMACENAMIENTO							



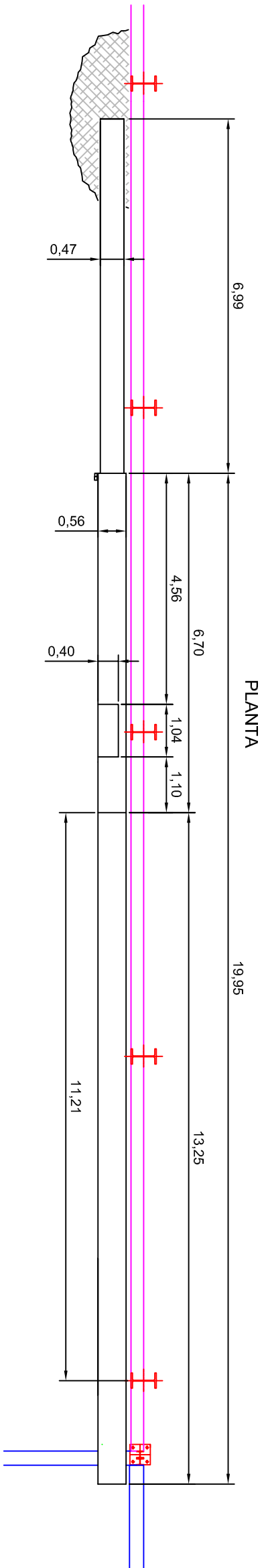
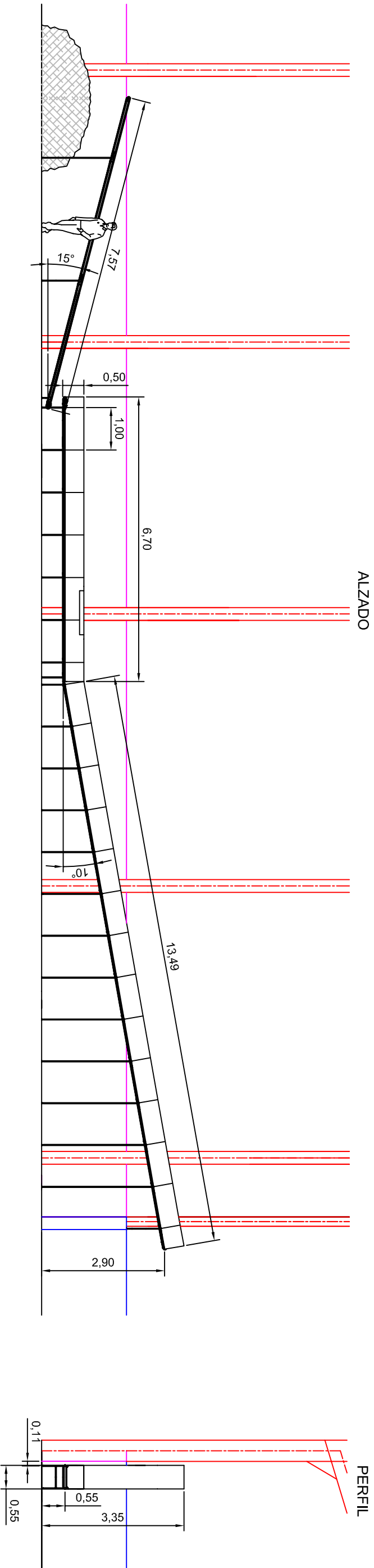


up<sup>o</sup>na  
Universidad  
Pública de Navarra  
Nafarroako  
Unibertsitate Publikoa

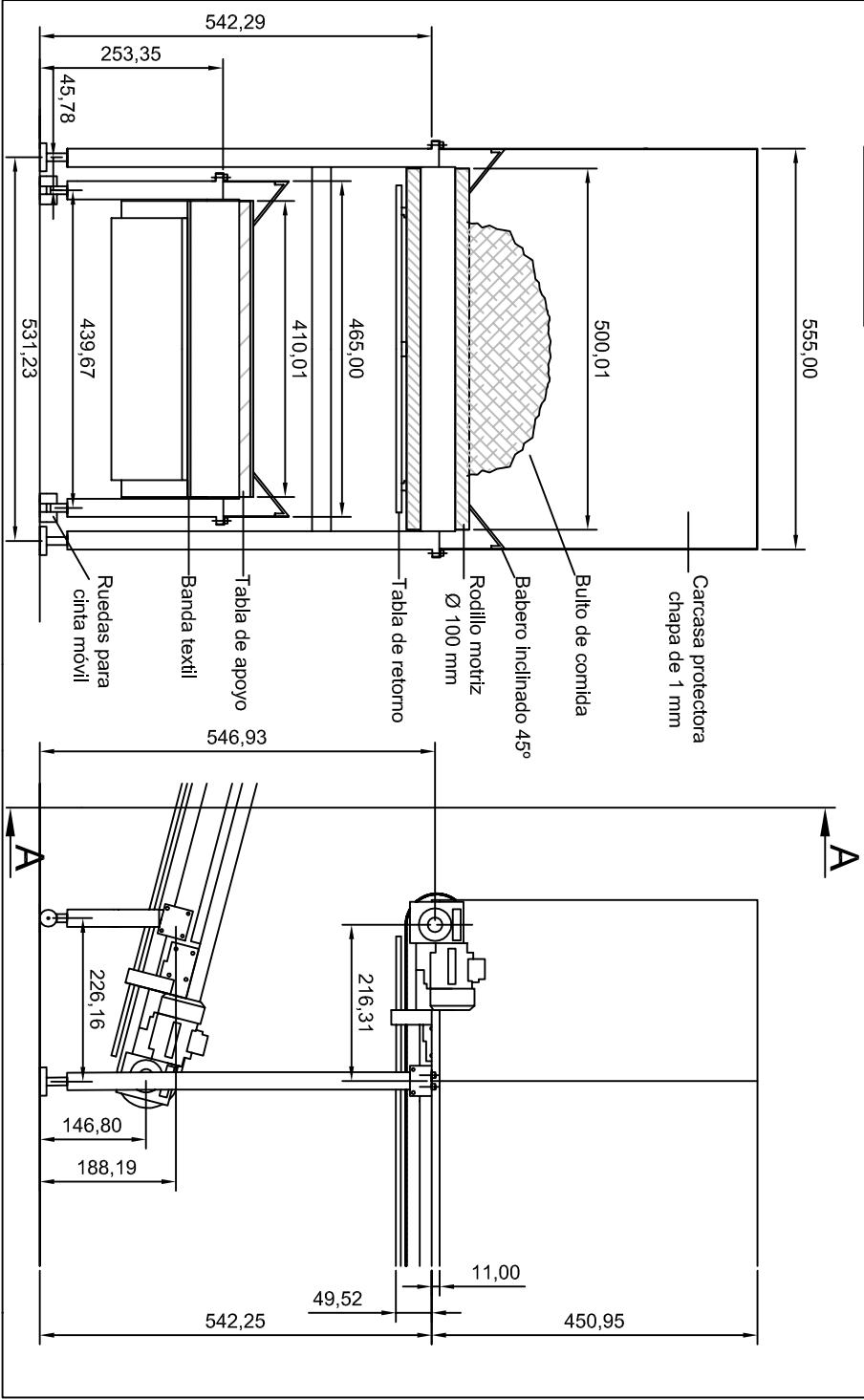
Todos los derechos reservados  
Eskubide guztiak erresalbatu dira




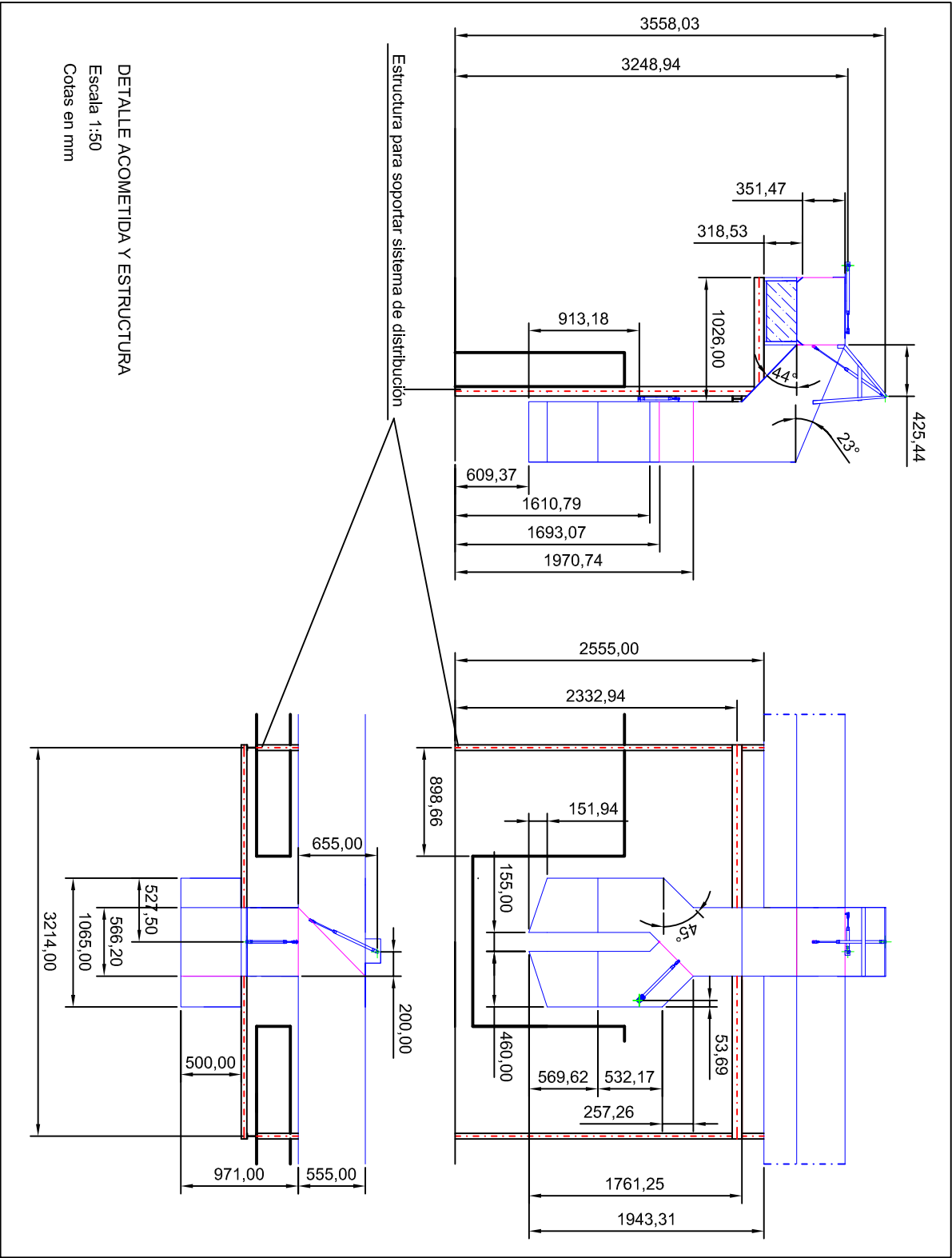




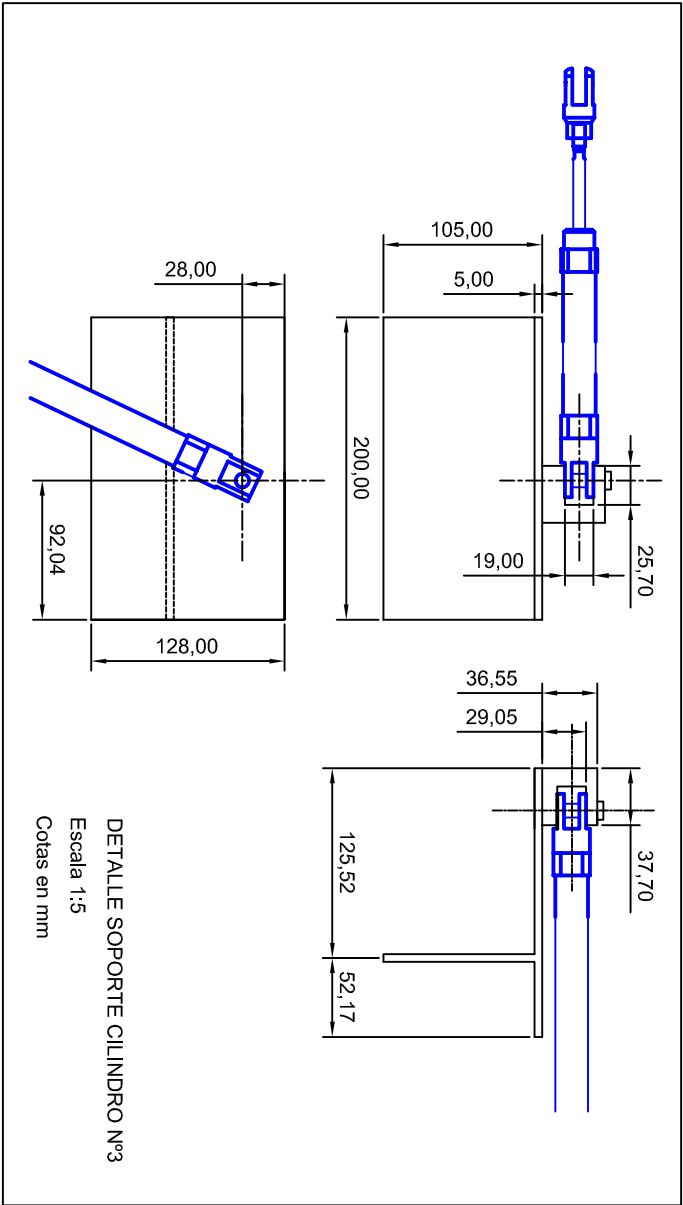
Corte A-A Escala 1:10 Cotas en mm



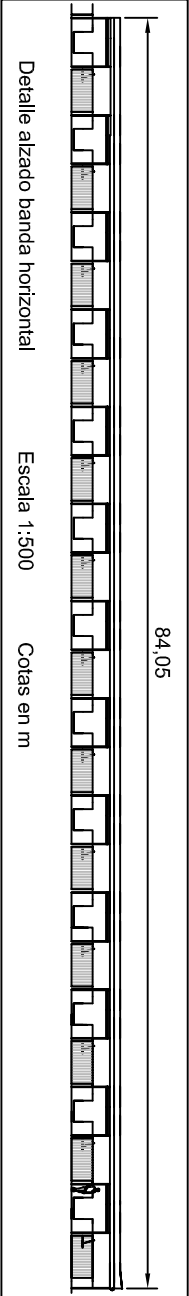
<div><div></div><div>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div></div>		<div><div>E.T.S.I.I.T.</div><div>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.</div></div>		<div>DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</div>	
<div>PROYECTO: SISTEMA AUTOMÁTICO DE ALIMENTACIÓN DE OVINO</div>		<div>REALIZADO: CABODEVILLA OLLO JON</div>		<div>FIRMA:</div>	
<div>PLANO: PLANO CINTA INCLINADA Y DE EXPULSIÓN</div>		<div>FECHA: 6/9/2013</div>	<div>ESCALA: 1:100</div>	<div>Nº PLANO: Nº 5.6</div>	



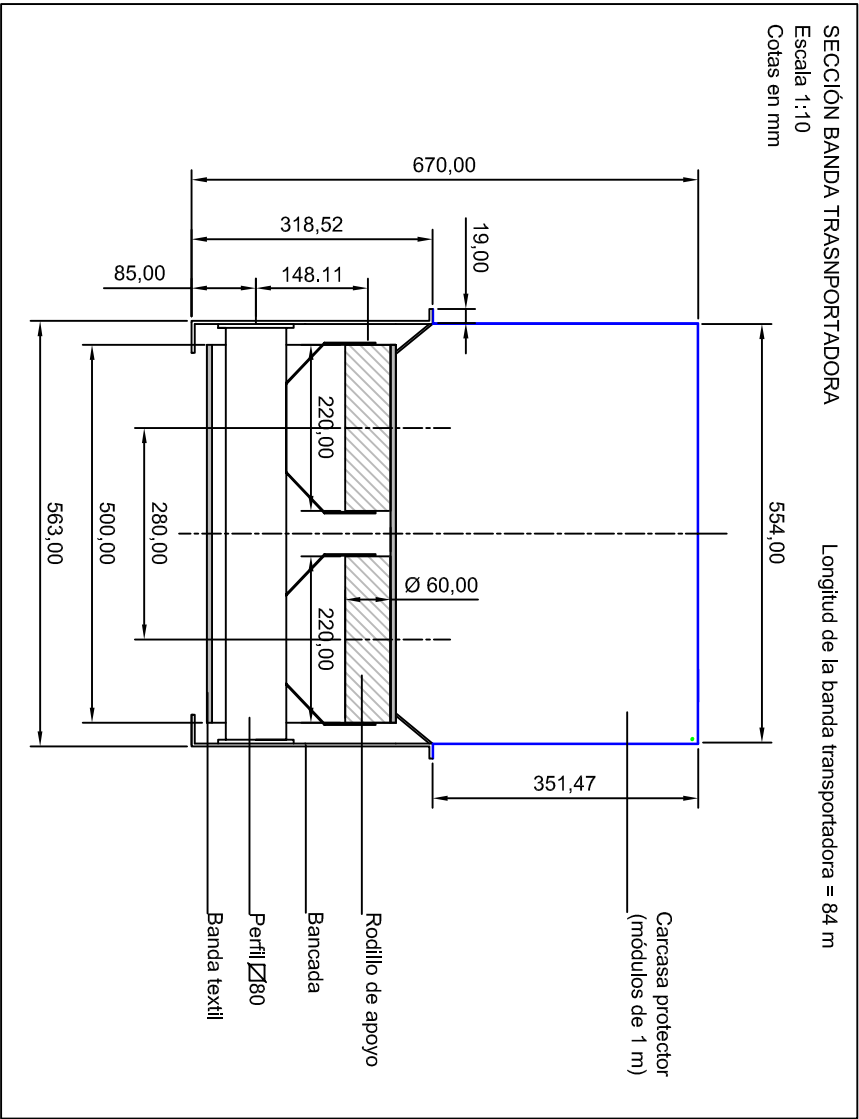
DETALLE ACOMETIDA Y ESTRUCTURA  
Escala 1:50  
Cotas en mm



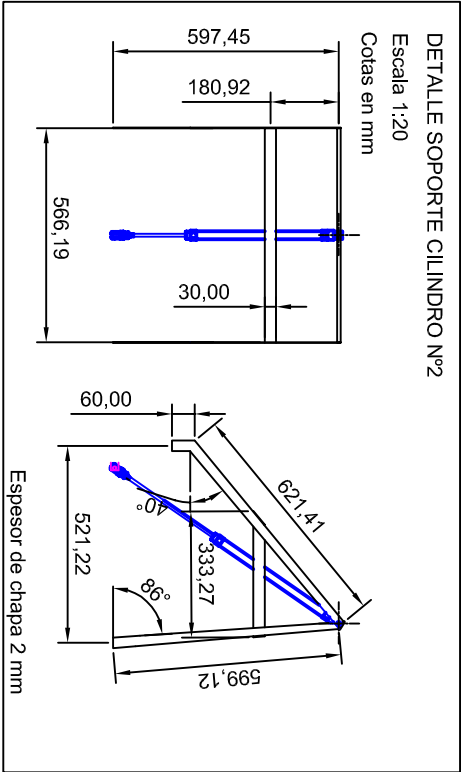
DETALLE SOPORTE CILINDRO Nº3  
Escala 1:5  
Cotas en mm



Detalle alzado banda horizontal      Escala 1:500      Cotas en m



SECCIÓN BANDA TRANSPORTADORA  
Escala 1:10  
Cotas en mm



DETALLE SOPORTE CILINDRO Nº2  
Escala 1:20  
Cotas en mm

Universidad Pública  
de Navarra  
Nafarroako  
Unibertsitate Publikoa

**E.T.S.I.I.T.**  
INGENIERO  
TECNICO INDUSTRIAL M.

DEPARTAMENTO:  
**DEPARTAMENTO DE  
PROYECTOS E ING. RURAL**

PROYECTO:

**SISTEMA AUTOMÁTICO DE  
ALIMENTACIÓN DE OVINO**

REALIZADO:

**CABODEVILLA OLLO JON**

PLANO:

**PLANO ACOMETIDA, CINTA HORIZONTAL Y ESTRUCTURA**

FECHA:

6/9/2013

ESCALA:

1:50

Nº PLANO:

Nº 5.7



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

IMPLANTACIÓN DE SISTEMA AUTOMÁTICO DE  
ALIMENTACIÓN EN EXPLOTACIÓN OVINA

DOCUMENTO N°4: PLIEGO DE CONDICIONES

Alumno: Jon Cabodevilla Olo

Tutor: María Jesús Vilas

Pamplona, Julio 2013



## 4.- PLIEGO DE CONDICIONES

### ÍNDICE:

1.- Pliego de cláusulas administrativas:	2 – 41
1.1- Disposiciones generales:	2
1.1.1.- Naturaleza y objeto del pliego general:	2
1.1.2.- Documentación del contrato de obra:	2
1.2.- Disposiciones facultativas:	3 – 25
1.2.1.- Delimitación general de funciones técnicas:	3 – 9
1.2.2.- Obligaciones derechos del constructor:	9 – 13
1.2.3.- Responsabilidad civil de los agentes que intervienen en el proceso de la edificación:	13 – 15
1.2.4.- Prescripciones relativas a trabajos, materiales y medios auxiliares:	15 – 20
1.2.5.- De las recepciones de edificios y obras anejas:	21 – 25
1.3.- Disposiciones económicas:	25 – 41
1.3.1.- Principio general:	25
1.3.2.- Fianzas:	25 – 27
1.3.3.- De los precios:	27 – 30
1.3.4.- Obras por administración:	30 – 33
1.3.5.- Valoración y abono de los trabajos:	33 – 37
1.3.6.- Indemnizaciones mutuas:	37 – 38
1.3.7.- Varios:	38 – 41
2.- Pliego de condiciones técnicas particulares:	42 – 78
2.1.- Prescripciones sobre los materiales:	42 – 48
2.1.1.- Condiciones generales:	42
2.1.2.- Condiciones que han de cumplir los materiales:	43 – 48
2.2.- Prescripciones en cuanto a la ejecución por unidades de obra y prescripciones sobre verificaciones en el edificio terminado:	48 – 77
2.3.- Control de la obra:	78
Anexo 1. EHE instrucción de hormigón estructural:	79 – 80
Anexo 2. Pliego de condiciones de plan de seguridad e higiene en el trabajo:	81 – 90



## 1.- PLIEGO DE CLÁUSULAS ADMINISTRATIVAS:

### 1.1- DISPOSICIONES GENERALES:

#### 1.1.1.- NATURALEZA Y OBJETO DEL PLIEGO GENERAL:

Artículo 1. El presente pliego general de condiciones tiene carácter supletorio del pliego de condiciones particulares del proyecto.

Ambos, como parte del proyecto arquitectónico, tienen por finalidad regular la ejecución de las obras fijando los niveles técnicos y de calidad exigibles, precisando las intervenciones que corresponden, según el contrato y con arreglo a la legislación aplicable, al promotor o dueño de la obra, al contratista o constructor de la misma, sus técnicos y encargados, ingeniero técnico y a los laboratorios y entidades de control de calidad, así como las relaciones entre todos ellos y sus correspondientes obligaciones en orden al cumplimiento del contrato de obra.

#### 1.1.2.- DOCUMENTACIÓN DEL CONTRATO DE OBRA:

Artículo 2. Integran el contrato los siguientes documentos relacionados por orden de prelación en cuanto al valor de sus especificaciones en caso de omisión o aparente contradicción:

1º Las condiciones fijadas en el propio documento de contrato de empresa o arrendamiento de obra, si existiera.

2º El pliego de condiciones particulares.

3º El presente pliego general de condiciones.

4º El resto de la documentación de proyecto (memoria, planos, mediciones y presupuesto).

En las obras que lo requieran, también formarán parte el estudio de seguridad y salud y el proyecto de control de calidad de la edificación.

Deberá incluir las condiciones y delimitación de los campos de actuación de laboratorios y entidades de control de calidad, si la obra lo requiriese.

Las órdenes e instrucciones de la dirección facultativa de la obras se incorporan al proyecto como interpretación, complemento o precisión de sus determinaciones.

En cada documento, las especificaciones literales prevalecen sobre las gráficas y en los planos, la cota prevalece sobre la medida a escala.



## 1.2.- DISPOSICIONES FACULTATIVAS:

### 1.2.1.- DELIMITACIÓN GENERAL DE FUNCIONES TÉCNICAS:

#### DELIMITACIÓN DE FUNCIONES DE LOS AGENTES INTERVINIENTES

Artículo 3. Ámbito de aplicación de la Ley de Ordenación de la Edificación:

La Ley de Ordenación de la Edificación (LOE) es de aplicación al proceso de la edificación, entendiendo por tal la acción y el resultado de construir un edificio de carácter permanente, público o privado, cuyo uso principal esté comprendido en los siguientes grupos:

a) Administrativo, sanitario, religioso, residencial en todas sus formas, docente y cultural.

b) Aeronáutico; agropecuario; de la energía; de la hidráulica; minero; de telecomunicaciones (referido a la ingeniería de las telecomunicaciones); del transporte terrestre, marítimo, fluvial y aéreo; forestal; industrial; naval; de la ingeniería de saneamiento e higiene, y accesorio a las obras de ingeniería y su explotación.

c) Todas las demás edificaciones cuyos usos no estén expresamente relacionados en los grupos anteriores.

Cuando el proyecto a realizar tenga por objeto la construcción de edificios para los usos indicados en el grupo a) la titulación académica y profesional habilitante será la de ingeniero técnico industrial.

Cuando el proyecto a realizar tenga por objeto la construcción de edificios para los usos indicados en el grupo b) la titulación académica y profesional habilitante, con carácter general, será la de ingeniero, ingeniero técnico o arquitecto y vendrá determinada por las disposiciones legales vigentes para cada profesión, de acuerdo con sus respectivas especialidades y competencias específicas.

Cuando el proyecto a realizar tenga por objeto la construcción de edificios para los usos indicados en el grupo c) la titulación académica y profesional habilitante será la de arquitecto, arquitecto técnico, ingeniero o ingeniero técnico y vendrá determinada por las disposiciones legales vigentes para cada profesión, de acuerdo con sus especialidades y competencias específicas.



## EL PROMOTOR

Será promotor cualquier persona, física o jurídica, pública o privada, que, individual o colectivamente decida, impulse, programe o financie, con recursos propios o ajenos, las obras de edificación para sí o para su posterior enajenación, entrega o cesión a terceros bajo cualquier título.

Son obligaciones del promotor:

- a) Ostentar sobre el solar la titularidad de un derecho que le faculte para construir en él.
- b) Facilitar la documentación e información previa necesaria para la redacción del proyecto, así como autorizar al director de obra las posteriores modificaciones del mismo.
- c) Gestionar y obtener las preceptivas licencias y autorizaciones administrativas, así como suscribir el acta de recepción de la obra.
- d) Designar al coordinador de seguridad y salud para el proyecto y la ejecución de la obra.
- e) Suscribir los seguros previstos en la LOE.
- f) Entregar al adquirente, en su caso, la documentación de obra ejecutada, o cualquier otro documento exigible por las administraciones competentes.

## EL PROYECTISTA

Artículo 4. Son obligaciones del proyectista:

- a) Estar en posesión de la titulación académica y profesional habilitante de arquitecto, arquitecto técnico o ingeniero técnico, según corresponda, y cumplir las condiciones exigibles para el ejercicio de la profesión. En caso de personas jurídicas, designar al técnico redactor del proyecto que tenga la titulación profesional habilitante.
- b) Redactar el proyecto con sujeción a la normativa vigente y a lo que se haya establecido en el contrato y entregarlo, con los visados que en su caso fueran preceptivos.
- c) Acordar, en su caso, con el promotor la contratación de colaboraciones parciales.

## EL CONSTRUCTOR

Artículo 5. Son obligaciones del constructor:

- a) Ejecutar la obra con sujeción al proyecto, a la legislación aplicable y a las instrucciones del director de obra y del director de la ejecución de la obra, a fin de alcanzar la calidad exigida en el proyecto.





b) Tener la titulación o capacitación profesional que habilita para el cumplimiento de las condiciones exigibles para actuar como constructor.

c) Designar al jefe de obra que asumirá la representación técnica del constructor en la obra y que por su titulación o experiencia deberá tener la capacitación adecuada de acuerdo con las características y la complejidad de la obra.

d) Asignar a la obra los medios humanos y materiales que su importancia requiera.

e) Organizar los trabajos de construcción, redactando los planes de obra que se precisen y proyectando o autorizando las instalaciones provisionales y medios auxiliares de la obra.

f) Elaborar el plan de seguridad y salud de la obra en aplicación del estudio correspondiente, y disponer, en todo caso, la ejecución de las medidas preventivas, velando por su cumplimiento y por la observancia de la normativa vigente en materia de seguridad y salud en el trabajo.

g) Atender las indicaciones y cumplir las instrucciones del coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra, y en su caso de la dirección facultativa.

h) Formalizar las subcontrataciones de determinadas partes o instalaciones de la obra dentro de los límites establecidos en el contrato.

i) Firmar el acta de replanteo o de comienzo y el acta de recepción de la obra.

j) Ordenar y dirigir la ejecución material con arreglo al proyecto, a las normas técnicas y a las reglas de la buena construcción. A tal efecto, ostenta la jefatura de todo el personal que intervenga en la obra y coordina las intervenciones de los subcontratistas.

k) Asegurar la idoneidad de todos y cada uno de los materiales y elementos constructivos que se utilicen, comprobando los preparados en obra y rechazando, por iniciativa propia o por prescripción del ingeniero técnico industrial, los suministros o prefabricados que no cuenten con las garantías o documentos de idoneidad requeridos por las normas de aplicación.

l) Custodiar los libros de órdenes y seguimiento de la obra, así como los de seguridad y salud y el del control de calidad, éstos si los hubiere, y dar el enterado a las anotaciones que en ellos se practiquen.

m) Facilitar al Ingeniero técnico industrial con antelación suficiente, los materiales precisos para el cumplimiento de su cometido.

n) Preparar las certificaciones parciales de obra y la propuesta de liquidación final.

o) Suscribir con el promotor las actas de recepción provisional y definitiva.



- p) Concertar los seguros de accidentes de trabajo y de daños a terceros durante la obra.
- q) Facilitar al director de obra los datos necesarios para la elaboración de la documentación de la obra ejecutada.
- r) Facilitar los accesos a la obra, a los laboratorios y entidades de control de calidad contratados y debidamente homologados para el cometido de sus funciones.
- s) Suscribir las garantías por daños materiales ocasionados por vicios y defectos de la construcción previstas en el artículo 19 de la LOE.

## EL DIRECTOR DE OBRA

Artículo 6. Corresponde al director de obra:

- a) Estar en posesión de la titulación académica y profesional habilitante de arquitecto, arquitecto técnico, ingeniero o ingeniero técnico, según corresponda, y cumplir las condiciones exigibles para el ejercicio de la profesión. En caso de personas jurídicas, designar al técnico director de obra que tenga la titulación profesional habilitante.
- b) Verificar el replanteo y la adecuación de la cimentación y de la estructura proyectada a las características geotécnicas del terreno.
- c) Dirigir la obra coordinándola con el proyecto de ejecución, facilitando su interpretación técnica, económica y estética.
- d) Asistir a las obras, cuantas veces lo requiera su naturaleza y complejidad, a fin de resolver las contingencias que se produzcan en la obra y consignar en el libro de órdenes y asistencias las instrucciones precisas para la correcta interpretación del proyecto.
- e) Elaborar, a requerimiento del promotor o con su conformidad, eventuales modificaciones del proyecto, que vengan exigidas por la marcha de la obra siempre que las mismas se adapten a las disposiciones normativas contempladas y observadas en la redacción del proyecto.
- f) Coordinar, junto al ingeniero técnico industrial, el programa de desarrollo de la obra y el proyecto de control de calidad de la obra, con sujeción al Código Técnico de la Edificación (CTE) y a las especificaciones del proyecto.
- g) Comprobar, junto al ingeniero técnico industrial, los resultados de los análisis e informes realizados por laboratorios y/o entidades de control de calidad.
- h) Coordinar la intervención en obra de otros técnicos que, en su caso, concurran a la dirección con función propia en aspectos de su especialidad.
- i) Dar conformidad a las certificaciones parciales de obra y la liquidación final.



j) Suscribir el acta de replanteo o de comienzo de obra y el certificado final de obra, así como conformar las certificaciones parciales y la liquidación final de las unidades de obra ejecutadas, con los visados que en su caso fueran preceptivos.

k) Asesorar al promotor durante el proceso de construcción y especialmente en el acto de la recepción.

l) Preparar con el contratista la documentación gráfica y escrita del proyecto definitivamente ejecutado para entregarlo al promotor.

m) A dicha documentación se adjuntará, al menos, el acta de recepción, la relación identificativa de los agentes que han intervenido durante el proceso de edificación, así como la relativa a las instrucciones de uso y mantenimiento del edificio y sus instalaciones, de conformidad con la normativa que le sea de aplicación. Esta documentación constituirá el libro del edificio y será entregada a los usuarios finales del edificio.

## EL DIRECTOR DE LA EJECUCIÓN DE LA OBRA

Artículo 7. Corresponde al ingeniero técnico industrial la dirección de la ejecución de la obra, que formando parte de la dirección facultativa, asume la función técnica de dirigir la ejecución material de la obra y de controlar cualitativa y cuantitativamente la construcción y la calidad de lo edificado. Siendo sus funciones específicas:

a) Estar en posesión de la titulación académica y profesional habilitante y cumplir las condiciones exigibles para el ejercicio de la profesión. En caso de personas jurídicas, designar al técnico director de la ejecución de la obra que tenga la titulación profesional habilitante.

b) Redactar el documento de estudio y análisis del proyecto para elaborar los programas de organización y de desarrollo de la obra.

c) Planificar, a la vista del proyecto arquitectónico, del contrato y de la normativa técnica de aplicación, el control de calidad y económico de las obras.

d) Redactar, cuando se le requiera, el estudio de los sistemas adecuados a los riesgos del trabajo en la realización de la obra y aprobar el Estudio de seguridad y salud para la aplicación del mismo.

e) Redactar, cuando se le requiera, el proyecto de control de calidad de la edificación, desarrollando lo especificado en el proyecto de ejecución.

f) Efectuar el replanteo de la obra y preparar el acta correspondiente, suscribiéndola en unión del ingeniero técnico industrial y del constructor.



g) Comprobar las instalaciones provisionales, medios auxiliares y medidas de seguridad y salud en el trabajo, controlando su correcta ejecución.

h) Realizar o disponer las pruebas y ensayos de materiales, instalaciones y demás unidades de obra según las frecuencias de muestreo programadas en el plan de control, así como efectuar las demás comprobaciones que resulten necesarias para asegurar la calidad constructiva de acuerdo con el proyecto y la normativa técnica aplicable. De los resultados informará puntualmente al constructor, impartiendo, en su caso, las órdenes oportunas; de no resolverse la contingencia adoptará las medidas que corresponda, dando cuenta al ingeniero técnico industrial.

i) Realizar las mediciones de obra ejecutada y dar conformidad, según las relaciones establecidas, a las certificaciones valoradas y a la liquidación final de la obra.

j) Verificar la recepción en obra de los productos de construcción, ordenando la realización de ensayos y pruebas precisas.

k) Dirigir la ejecución material de la obra comprobando los replanteos, los materiales, la correcta ejecución y disposición de los elementos constructivos y de las instalaciones, de acuerdo con el proyecto y con las instrucciones del director de obra.

l) Consignar en el libro de órdenes y asistencias las instrucciones precisas.

m) Suscribir el acta de replanteo o de comienzo de obra y el certificado final de obra, así como elaborar y suscribir las certificaciones parciales y la liquidación final de las unidades de obra ejecutadas.

n) Colaborar con los restantes agentes en la elaboración de la documentación de la obra ejecutada, aportando los resultados del control realizado.

## EL COORDINADOR DE SEGURIDAD Y SALUD

El coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra deberá desarrollar las siguientes funciones:

a) Coordinar la aplicación de los principios generales de prevención y de seguridad.

b) Coordinar las actividades de la obra para garantizar que los contratistas y, en su caso, los subcontratistas y los trabajadores autónomos apliquen de manera coherente y responsable los principios de la acción preventiva que se recogen en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales durante la ejecución de la obra.

c) Aprobar el plan de seguridad y salud elaborado por el contratista y, en su caso, las modificaciones introducidas en el mismo.



d) Coordinar las acciones y funciones de control de la aplicación correcta de los métodos de trabajo.

e) Adoptar las medidas necesarias para que sólo las personas autorizadas puedan acceder a la obra. La dirección facultativa asumirá esta función cuando no fuera necesaria la designación de coordinador.

## **LAS ENTIDADES Y LOS LABORATORIOS DE CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN**

Artículo 8. Las entidades de control de calidad de la edificación prestan asistencia técnica en la verificación de la calidad del proyecto, de los materiales y de la ejecución de la obra y sus instalaciones de acuerdo con el proyecto y la normativa aplicable.

Los laboratorios de ensayos para el control de calidad de la edificación prestan asistencia técnica, mediante la realización de ensayos o pruebas de servicio de los materiales, sistemas o instalaciones de una obra de edificación.

Son obligaciones de las entidades y de los laboratorios de control de calidad:

a) Prestar asistencia técnica y entregar los resultados de su actividad al agente autor del encargo y, en todo caso, al director de la ejecución de las obras.

b) Justificar la capacidad suficiente de medios materiales y humanos necesarios para realizar adecuadamente los trabajos contratados, en su caso, a través de la correspondiente acreditación oficial otorgada por las comunidades autónomas con competencia en la materia.

### **1.2.2.- DE LAS OBLIGACIONES Y DERECHOS GENERALES DEL CONSTRUCTOR O CONTRATISTA:**

#### **VERIFICACIÓN DE LOS DOCUMENTOS DEL PROYECTO**

Artículo 9. Antes de dar comienzo a las obras, el constructor consignará por escrito que la documentación aportada le resulta suficiente para la comprensión de la totalidad de la obra contratada, o en caso contrario, solicitará las aclaraciones pertinentes.



## PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD

Artículo 10. El constructor, a la vista del proyecto de ejecución conteniendo, en su caso, el estudio de seguridad y salud, presentará el plan de seguridad y salud de la obra a la aprobación Ingeniero técnico industrial de la dirección facultativa.

## PROYECTO DE CONTROL DE CALIDAD

Artículo 11. El constructor tendrá a su disposición el proyecto de control de calidad, si para la obra fuera necesario, en el que se especificarán las características y requisitos que deberán cumplir los materiales y unidades de obra, y los criterios para la recepción de los materiales, según estén avalados o no por sellos marcas e calidad; ensayos, análisis y pruebas a realizar, determinación de lotes y otros parámetros definidos en el proyecto por el ingeniero técnico industrial de la dirección facultativa.

## OFICINA EN LA OBRA

Artículo 12. El constructor habilitará en la obra una oficina en la que existirá una mesa o tablero adecuado, en el que puedan extenderse y consultarse los planos. En dicha oficina tendrá siempre el contratista a disposición de la dirección facultativa:

- El proyecto de ejecución completo, incluidos los complementos que en su caso redacte el ingeniero técnico industrial.
- La licencia de obras.
- El libro de órdenes y asistencias.
- El plan de seguridad y salud y su libro de incidencias, si hay para la obra.
- El proyecto de control de calidad y su libro de registro, si hay para la obra.
- El reglamento y ordenanza de seguridad y salud en el trabajo.
- La documentación de los seguros suscritos por el constructor.

## REPRESENTACIÓN DEL CONTRATISTA. JEFE DE OBRA

Artículo 13. El constructor viene obligado a comunicar a la propiedad la persona designada como delegado suyo en la obra, que tendrá el carácter de jefe de obra de la misma, con dedicación plena y con facultades para representarle y adoptar en todo momento cuantas decisiones competan a la contrata.

Serán sus funciones las del constructor según se especifica en el artículo 5.



Cuando la importancia de las obras lo requiera y así se consigne en el pliego de condiciones particulares de índole facultativa, el delegado del contratista será un facultativo de grado superior o grado medio, según los casos.

El pliego de condiciones particulares determinará el personal facultativo o especialista que el constructor se obligue a mantener en la obra como mínimo, y el tiempo de dedicación comprometido.

El incumplimiento de esta obligación o, en general, la falta de cualificación suficiente por parte del personal según la naturaleza de los trabajos, facultará al ingeniero técnico industrial para ordenar la paralización de las obras sin derecho a reclamación alguna, hasta que se subsane la deficiencia.

## PRESENCIA DEL CONSTRUCTOR EN LA OBRA

Artículo 14. El jefe de obra, por sí o por medio de sus técnicos, o encargados estará presente durante la jornada legal de trabajo y acompañará al ingeniero técnico industrial, en las visitas que hagan a las obras, poniéndose a su disposición para la práctica de los reconocimientos que se consideren necesarios y suministrándoles los datos precisos para la comprobación de mediciones y liquidaciones.

## TRABAJOS NO ESTIPULADOS EXPRESAMENTE

Artículo 15. Es obligación de la contrata el ejecutar cuando sea necesario para la buena construcción y aspecto de las obras, aun cuando no se halle expresamente determinado en los documentos de proyecto, siempre que, sin separarse de su espíritu y recta interpretación, lo disponga el ingeniero técnico industrial dentro de los límites de posibilidades que los presupuestos habiliten para cada unidad de obra y tipo de ejecución.

En defecto de especificación en el pliego de condiciones particulares, se entenderá que requiere reformado de proyecto con consentimiento expreso de la propiedad, promotor, toda variación que suponga incremento de precios de alguna unidad de obra en más del 20% del total del presupuesto en más de un 10%.



## INTERPRETACIONES, ACLARACIONES Y MODIFICACIONES DE LOS DOCUMENTOS DEL PROYECTO

Artículo 16. El constructor podrá requerir ingeniero técnico industrial, según sus respectivos cometidos, las instrucciones o aclaraciones que se precisen para la correcta interpretación y ejecución de lo proyectado.

Cuando se trate de aclarar, interpretar o modificar preceptos de los pliegos de condiciones o indicaciones de los planos o croquis, las órdenes e instrucciones correspondientes se comunicarán precisamente por escrito al constructor, estando éste obligado a su vez a devolver los originales o las copias suscribiendo con su firma el enterado, que figurará al pie de todas las órdenes, avisos o instrucciones que reciba del ingeniero técnico industrial.

Cualquier reclamación que en contra de las disposiciones tomadas por éstos crea oportuno hacer el constructor, habrá de dirigirla, dentro precisamente del plazo de 3 días, a quién la hubiere dictado, el cual dará al constructor el correspondiente recibo, si éste lo solicitase.

## RECLAMACIONES CONTRA LAS ÓRDENES DE LA DIRECCIÓN FACULTATIVA

Artículo 17. Las reclamaciones que el contratista quiera hacer contra las órdenes o instrucciones dimanadas de la dirección facultativa, sólo podrá presentarlas, a través del ingeniero técnico industrial, ante la propiedad, si son de orden económico y de acuerdo con las condiciones estipuladas en los pliegos de condiciones correspondientes.

Contra disposiciones de orden técnico del ingeniero técnico industrial, no se admitirá reclamación alguna, pudiendo el contratista salvar su responsabilidad, si lo estima oportuno, mediante exposición razonada dirigida al ingeniero técnico industrial, el cual podrá limitar su contestación al acuse de recibo, que en todo caso será obligatorio para este tipo de reclamaciones.

## RECUSACIÓN POR EL CONTRATISTA DEL PERSONAL NOMBRADO POR EL INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL

Artículo 18. El constructor no podrá recusar a al Ingeniero técnico industrial o personal encargado por éstos de la vigilancia de las obras, ni pedir que por parte de la propiedad se designen otros facultativos para los reconocimientos y mediciones.





Cuando se crea perjudicado por la labor de éstos procederá de acuerdo con lo estipulado en el artículo precedente, pero sin que por esta causa puedan interrumpirse ni perturbarse la marcha de los trabajos.

#### FALTAS DEL PERSONAL

Artículo 19. El ingeniero técnico industrial, en supuestos de desobediencia a sus instrucciones, manifiesta incompetencia o negligencia grave que comprometan o perturben la marcha de los trabajos, podrá requerir al contratista para que aparte de la obra a los dependientes u operarios causantes de la perturbación.

#### SUBCONTRATAS

Artículo 20. El contratista podrá subcontratar capítulos o unidades de obra a otros contratistas e industriales, con sujeción en su caso, a lo estipulado en el pliego de condiciones particulares y sin perjuicio de sus obligaciones como contratista general de la obra.

### **1.2.3.- RESPONSABILIDAD CIVIL DE LOS AGENTES QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO DE LA EDIFICACIÓN:**

#### DAÑOS MATERIALES

Artículo 21. Las personas físicas o jurídicas que intervienen en el proceso de la edificación responderán frente a los propietarios y los terceros adquirentes de los edificios o partes de los mismos, en el caso de que sean objeto de división, de los siguientes daños materiales ocasionados en el edificio dentro de los plazos indicados, contados desde la fecha de recepción de la obra, sin reservas o desde la subsanación de éstas:

a) Durante 10 años, de los daños materiales causados en el edificio por vicios o defectos que afecten a la cimentación, los soportes, las vigas, los forjados, los muros de carga u otros elementos estructurales, y que comprometan directamente la resistencia mecánica y la estabilidad del edificio.

b) Durante 3 años, de los daños materiales causados en el edificio por vicios o defectos de los elementos constructivos o de las instalaciones que ocasionen el incumplimiento de los requisitos de habitabilidad del artículo 3 de la LOE.



El constructor también responderá de los daños materiales por vicios o defectos de ejecución que afecten a elementos de terminación o acabado de las obras dentro del plazo de 1 año.

## RESPONSABILIDAD CIVIL

Artículo 22. La responsabilidad civil será exigible en forma personal e individualizada, tanto por actos u omisiones de propios, como por actos u omisiones de personas por las que se deba responder.

No obstante, cuando pudiera individualizarse la causa de los daños materiales o quedase debidamente probada la concurrencia de culpas sin que pudiera precisarse el grado de intervención de cada agente en el daño producido, la responsabilidad se exigirá solidariamente. En todo caso, el promotor responderá solidariamente con los demás agentes intervinientes ante los posibles adquirentes de los daños materiales en el edificio ocasionados por vicios o defectos de construcción.

Sin perjuicio de las medidas de intervención administrativas que en cada caso procedan, la responsabilidad del promotor que se establece en la LOE se extenderá a las personas físicas o jurídicas que, a tenor del contrato o de su intervención decisoria en la promoción, actúen como tales promotores bajo la forma de promotor o gestor de cooperativas o de comunidades de propietarios u otras figuras análogas.

Cuando el proyecto haya sido contratado conjuntamente con más de un proyectista, los mismos responderán solidariamente.

Los proyectistas que contraten los cálculos, estudios, dictámenes o informes de otros profesionales, serán directamente responsables de los daños que puedan derivarse de su insuficiencia, incorrección o inexactitud, sin perjuicio de la repetición que pudieran ejercer contra sus autores.

El constructor responderá directamente de los daños materiales causados en el edificio por vicios o defectos derivados de la impericia, falta de capacidad profesional o técnica, negligencia o incumplimiento de las obligaciones atribuidas al jefe de obra y demás personas físicas o jurídicas que de él dependan.

Cuando el constructor subcontrate con otras personas físicas o jurídicas la ejecución de determinadas partes o instalaciones de la obra, será directamente responsable de los daños materiales por vicios o defectos de su ejecución, sin perjuicio de la repetición a que hubiere lugar.



El director de obra y el director de la ejecución de la obra que suscriban el certificado final de obra serán responsables de la veracidad y exactitud de dicho documento.

Quien acepte la dirección de una obra cuyo proyecto no haya elaborado él mismo, asumirá las responsabilidades derivadas de las omisiones, deficiencias o imperfecciones del proyecto, sin perjuicio de la repetición que pudiere corresponderle frente al proyectista. Cuando la dirección de obra se contrate de manera conjunta a más de un técnico, los mismos responderán solidariamente sin perjuicio de la distribución que entre ellos corresponda.

Las responsabilidades por daños no serán exigibles a los agentes que intervengan en el proceso de la edificación, si se prueba que aquellos fueron ocasionados por caso fortuito, fuerza mayor, acto de tercero o por el propio perjudicado por el daño.

Las responsabilidades a que se refiere este artículo se entienden sin perjuicio de las que alcanzan al vendedor de los edificios o partes edificadas frente al comprador conforme al contrato de compraventa suscrito entre ellos, a los artículos 1.484 y siguientes del Código Civil y demás legislación aplicable a la compraventa.

#### **1.2.4.- PRESCRIPCIONES GENERALES RELATIVAS A TRABAJOS, MATERIALES Y MEDIOS AUXILIARES:**

##### **CAMINOS Y ACCESOS**

Artículo 23. El constructor dispondrá por su cuenta los accesos a la obra, el cerramiento o vallado de ésta y su mantenimiento durante la ejecución de la obra. El ingeniero técnico industrial podrá exigir su modificación o mejora.

##### **REPLANTEO**

Artículo 24. El constructor iniciará las obras con el replanteo de las mismas en el terreno, señalando las referencias principales que mantendrá como base de posteriores replanteos parciales. Dichos trabajos se considerará a cargo del contratista e incluidos en su oferta.

El constructor someterá el replanteo a la aprobación del ingeniero técnico industrial y una vez esto haya dado su conformidad preparará un acta acompañada de un plano que deberá ser aprobada por el ingeniero técnico industrial, siendo responsabilidad del constructor la omisión de este trámite.



## INICIO DE LA OBRA. RITMO DE EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

Artículo 25. El constructor dará comienzo a las obras en el plazo marcado en el pliego de condiciones particulares, desarrollándolas en la forma necesaria para que dentro de los períodos parciales en aquel señalados queden ejecutados los trabajos correspondientes y, en consecuencia, la ejecución total se lleve a efecto dentro del plazo exigido en el contrato.

Obligatoriamente y por escrito, deberá el contratista dar cuenta al ingeniero técnico industrial del comienzo de los trabajos al menos con 3 días de antelación.

## ORDEN DE LOS TRABAJOS

Artículo 26. En general, la determinación del orden de los trabajos es facultad de la contrata, salvo aquellos casos en que, por circunstancias de orden técnico, estime conveniente su variación la dirección facultativa.

## FACILIDADES PARA OTROS CONTRATISTAS

Artículo 27. De acuerdo con lo que requiera la dirección facultativa, el contratista general deberá dar todas las facilidades razonables para la realización de los trabajos que le sean encomendados a todos los demás contratistas que intervengan en la obra. Ello sin perjuicio de las compensaciones económicas a que haya lugar entre contratistas por utilización de medios auxiliares o suministros de energía u otros conceptos.

En caso de litigio, ambos contratistas estarán a lo que resuelva la dirección facultativa.

## AMPLIACIÓN DEL PROYECTO POR CAUSAS IMPREVISTAS O DE FUERZA MAYOR

Artículo 28. Cuando sea preciso por motivo imprevisto o por cualquier accidente, ampliar el proyecto, no se interrumpirán los trabajos, continuándose según las instrucciones dadas por el ingeniero técnico industrial en tanto se formula o se tramita el proyecto reformado. El constructor está obligado a realizar con su personal y sus materiales cuanto la dirección de las obras disponga para apeos, apuntalamientos, derribos, recalzos o cualquier otra obra de carácter urgente, anticipando de momento este servicio, cuyo importe le será consignado en un presupuesto adicional o abonado directamente, de acuerdo con lo que se convenga.



## PRÓRROGA POR CAUSA DE FUERZA MAYOR

Artículo 29. Si por causa de fuerza mayor o independiente de la voluntad del constructor, éste no pudiese comenzar las obras, o tuviese que suspenderlas, o no le fuera posible terminarlas en los plazos prefijados, se le otorgará una prórroga proporcionada para el cumplimiento de la contrata, previo informe favorable del ingeniero técnico industrial. Para ello, el constructor expondrá, en escrito dirigido al ingeniero técnico industrial, la causa que impide la ejecución o la marcha de los trabajos y el retraso que por ello se originaría en los plazos acordados, razonando debidamente la prórroga que por dicha causa solicita.

## RESPONSABILIDAD DE LA DIRECCIÓN FACULTATIVA EN EL RETRASO DE LA OBRA

Artículo 30. El contratista no podrá excusarse de no haber cumplido los plazos de obras estipulados, alegando como causa la carencia de planos u órdenes de la dirección facultativa, a excepción del caso en que habiéndolo solicitado por escrito no se le hubiesen proporcionado.

## CONDICIONES GENERALES DE EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

Artículo 31. Todos los trabajos se ejecutarán con estricta sujeción al proyecto, a las modificaciones del mismo que previamente hayan sido aprobadas y a las órdenes e instrucciones que bajo su responsabilidad y por escrito entreguen el ingeniero técnico industrial al constructor, dentro de las limitaciones presupuestarias y de conformidad con lo especificado en el artículo 15.



## DOCUMENTACIÓN DE OBRAS OCULTAS

Artículo 32. De todos los trabajos y unidades de obra que hayan de quedar ocultos a la terminación del edificio, se levantarán los planos precisos para que queden perfectamente definidos; estos documentos se extenderán por duplicado, entregándose: uno, al ingeniero técnico industrial; y, el segundo, al contratista, firmados todos ellos por los tres. Dichos planos, que deberán ir suficientemente acotados, se considerarán documentos indispensables e irrecusables para efectuar las mediciones.

## TRABAJOS DEFECTUOSOS

Artículo 33. El constructor debe emplear los materiales que cumplan las condiciones exigidas en las condiciones generales y particulares de índole técnica del pliego de condiciones y realizará todos y cada uno de los trabajos contratados de acuerdo con lo especificado también en dicho documento.

Por ello, y hasta que tenga lugar la recepción definitiva del edificio, es responsable de la ejecución de los trabajos que ha contratado y de las faltas y defectos que en éstos puedan existir por su mala ejecución o por la deficiente calidad de los materiales empleados o aparatos colocados, sin que le exonere de responsabilidad el control que compete al ingeniero técnico industrial, ni tampoco el hecho de que estos trabajos hayan sido valorados en las certificaciones parciales de obra, que siempre se entenderán extendidas y abonadas a buena cuenta.

Como consecuencia de lo anteriormente expresado, cuando el ingeniero técnico industrial advierta vicios o defectos en los trabajos ejecutados, o que los materiales empleados o los aparatos colocados no reúnen las condiciones preceptuadas, ya sea en el curso de la ejecución de los trabajos, o finalizados éstos, y antes de verificarse la recepción definitiva de la obra, podrá disponer que las partes defectuosas sean demolidas y reconstruidas de acuerdo con lo contratado, y todo ello a expensas de la contrata. Si ésta no estimase justa la decisión y se negase a la demolición y reconstrucción ordenadas, se planteará la cuestión ante el ingeniero técnico industrial, quien resolverá.

## VICIOS OCULTOS

Artículo 34. Si el ingeniero técnico industrial tuviese fundadas razones para creer en la existencia de vicios ocultos de construcción en las obras ejecutadas, ordenará efectuar en cualquier tiempo, y antes de la recepción definitiva, los ensayos, destructivos o no, que



crea necesarios para reconocer los trabajos que suponga defectuosos, dando cuenta de la circunstancia al ingeniero técnico industrial.

Los gastos que se ocasionen serán de cuenta del constructor, siempre que los vicios existan realmente, en caso contrario serán a cargo de la propiedad.

## MATERIALES Y APARATOS. SU PROCEDENCIA

Artículo 35. El constructor tiene libertad de proveerse de los materiales y aparatos de todas clases en los puntos que le parezca conveniente, excepto en los casos en que el pliego particular de condiciones técnicas preceptúe una procedencia determinada. Obligatoriamente, y antes de proceder a su empleo o acopio, el constructor deberá presentar al ingeniero técnico industrial una lista completa de los materiales y aparatos que vaya a utilizar en la que se especifiquen todas las indicaciones sobre marcas, calidades, procedencia e idoneidad de cada uno de ellos.

## PRESENTACIÓN DE MUESTRAS

Artículo 36. A petición del ingeniero técnico industrial, el constructor le presentará las muestras de los materiales siempre con la antelación prevista en el calendario de la obra.

## MATERIALES NO UTILIZABLES

Artículo 37. El constructor, a su costa, transportará y colocará, agrupándolos ordenadamente y en el lugar adecuado, los materiales procedentes de las excavaciones, derribos, etc., que no sean utilizables en la obra.

Se retirarán de ésta o se llevarán al vertedero, cuando así estuviese establecido en el pliego de condiciones particulares vigente en la obra.

Si no se hubiese preceptuado nada sobre el particular, se retirarán de ella cuando así lo ordene el ingeniero técnico industrial, pero acordando previamente con el constructor su justa tasación, teniendo en cuenta el valor de dichos materiales y los gastos de su transporte.

## MATERIALES Y APARATOS DEFECTUOSOS

Artículo 38. Cuando los materiales, elementos de instalaciones o aparatos no fuesen de la calidad prescrita en este pliego, o no tuvieran la preparación en él exigida o, en fin, cuando la falta de prescripciones formales de aquel, se reconociera o demostrara que no



eran adecuados para su objeto, el ingeniero técnico industrial, dará orden al constructor de sustituirlos por otros que satisfagan las condiciones o llenen el objeto a que se destinen.

Si a los 15 días de recibir el constructor orden de que retire los materiales que no estén en condiciones, no ha sido cumplida, podrá hacerlo la propiedad cargando los gastos a la contrata.

Si los materiales, elementos de instalaciones o aparatos fueran defectuosos, pero aceptables a juicio del ingeniero técnico industrial, se recibirán pero con la rebaja del precio que aquel determine, a no ser que el constructor prefiera sustituirlos por otros en condiciones.

## GASTOS OCASIONADOS POR PRUEBAS Y ENSAYOS

Artículo 39. Todos los gastos originados por las pruebas y ensayos de materiales o elementos que intervengan en la ejecución de las obras, serán de cuenta de la contrata. Todo ensayo que no haya resultado satisfactorio o que no ofrezca las suficientes garantías podrá comenzarse de nuevo a cargo del mismo.

## LIMPIEZA DE LAS OBRAS

Artículo 40. Es obligación del constructor mantener limpias las obras y sus alrededores, tanto de escombros como de materiales sobrantes, hacer desaparecer las instalaciones provisionales que no sean necesarias, así como adoptar las medidas y ejecutar todos los trabajos que sean necesarios para que la obra ofrezca buen aspecto.

## OBRAS SIN PRESCRIPCIONES

Artículo 41. En la ejecución de trabajos que entran en la construcción de las obras y para los cuales no existan prescripciones consignadas explícitamente en este pliego ni en la restante documentación del proyecto, el constructor se atenderá, en primer término, a las instrucciones que dicte la dirección facultativa de las obras y, en segundo lugar, a las reglas y prácticas de la buena construcción.





### 1.2.5.- DE LAS RECEPCIONES DE EDIFICIOS Y OBRAS ANEJAS:

#### ACTA DE RECEPCIÓN

Artículo 42. La recepción de la obra es el acto por el cual el constructor, una vez concluida ésta, hace entrega de la misma al promotor y es aceptada por éste. Podrá realizarse con o sin reservas y deberá abarcar la totalidad de la obra o fases completas y terminadas de la misma, cuando así se acuerde por las partes.

La recepción deberá consignarse en un acta firmada, al menos, por el promotor y el constructor, y en la misma se hará constar:

- a) Las partes que intervienen.
- b) La fecha del certificado final de la totalidad de la obra o de la fase completa y terminada de la misma.
- c) El coste final de la ejecución material de la obra.
- d) La declaración de la recepción de la obra con o sin reservas, especificando, en su caso, éstas de manera objetiva, y el plazo en que deberán quedar subsanados los defectos observados. Una vez subsanados los mismos, se hará constar en un acta aparte, suscrita por los firmantes de la recepción.
- e) Las garantías que, en su caso, se exijan al constructor para asegurar sus responsabilidades.
- f) Se adjuntará el certificado final de obra suscrito por el director de obra (ingeniero técnico industrial) y el director de la ejecución de la y la documentación justificativa del control de calidad realizado.

El promotor podrá rechazar la recepción de la obra por considerar que la misma no está terminada o que no se adecua a las condiciones contractuales. En todo caso, el rechazo deberá ser motivado por escrito en el acta, en la que se fijará el nuevo plazo para efectuar la recepción.

Salvo pacto expreso en contrario, la recepción de la obra tendrá lugar dentro de los 30 días siguientes a la fecha de su terminación, acreditada en el certificado final de obra, plazo que se contará a partir de la notificación efectuada por escrito al promotor. La recepción se entenderá tácitamente producida si transcurridos 30 días desde la fecha indicada el promotor no hubiera puesto de manifiesto reservas o rechazo motivado por escrito.



## RECEPCIÓN PROVISIONAL

Artículo 43. Ésta se realizará con la intervención de la propiedad, del constructor, del ingeniero técnico industrial. Se convocará también a los restantes técnicos que, en su caso, hubiesen intervenido en la dirección con función propia en aspectos parciales o unidades especializadas.

Practicado un detenido reconocimiento de las obras, se extenderá un acta con tantos ejemplares como intervinientes y firmados por todos ellos. Desde esta fecha empezará a correr el plazo de garantía, si las obras se hallasen en estado de ser admitidas. Seguidamente, los técnicos de la dirección facultativa extenderán el correspondiente certificado de final de obra.

Cuando las obras no se hallen en estado de ser recibidas, se hará constar en el acta y se darán al constructor las oportunas instrucciones para remediar los defectos observados, fijando un plazo para subsanarlos, expirado el cual, se efectuará un nuevo reconocimiento a fin de proceder a la recepción provisional de la obra.

Si el constructor no hubiese cumplido, podrá declararse resuelto el contrato con pérdida de la fianza.

## DOCUMENTACIÓN FINAL

Artículo 44. El ingeniero técnico industrial, asistido por el contratista y los técnicos que hubieren intervenido en la obra, redactarán la documentación final de las obras, que se facilitará a la propiedad. Dicha documentación se adjuntará, al acta de recepción, con la relación identificativa de los agentes que han intervenido durante el proceso de edificación, así como la relativa a las instrucciones de uso y mantenimiento del edificio y sus instalaciones, de conformidad con la normativa que le sea de aplicación. Esta documentación constituirá el libro del edificio, que ha de ser encargado por el promotor y será entregado a los usuarios finales del edificio.

A su vez dicha documentación se divide en:

### a) DOCUMENTACIÓN DE SEGUIMIENTO DE OBRA

Dicha documentación según el CTE se compone de:

- Libro de órdenes y asistencias, de acuerdo con lo previsto en el Decreto 461/1971, de 11 de marzo.
- Libro de incidencias en materia de seguridad y salud, según el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre.



- Proyecto, con sus anejos y modificaciones debidamente autorizadas por el director de la obra.
- Licencia de obras, de apertura del centro de trabajo y, en su caso, de otras autorizaciones administrativas.

La documentación de seguimiento será depositada por el director de la obra en su colegio de ingenieros.

#### b) DOCUMENTACIÓN DE CONTROL DE OBRA

Su contenido, cuya recopilación es responsabilidad del director de ejecución de obra, se compone de:

- Documentación de control, que debe corresponder a lo establecido en el proyecto, más sus anejos y modificaciones.
- Documentación, instrucciones de uso y mantenimiento, así como garantías de los materiales y suministros, que debe ser proporcionada por el constructor, siendo conveniente recordárselo fehacientemente.
- En su caso, documentación de calidad de las unidades de obra, preparada por el constructor y autorizada por el director de ejecución en su colegio profesional.

#### c) CERTIFICADO FINAL DE OBRA

Éste se ajustará al modelo publicado en el Decreto 462/1971, de 11 de marzo, en donde el director de la ejecución de la obra certificará haber dirigido la ejecución material de las obras y controlado cuantitativa y cualitativamente la construcción y la calidad de lo edificado de acuerdo con el proyecto, la documentación técnica que lo desarrolla y las normas de buena construcción.

El director de la obra certificará que la edificación ha sido realizada bajo su dirección, de conformidad con el proyecto objeto de la licencia y la documentación técnica que lo complementa, hallándose dispuesta para su adecuada utilización con arreglo a las instrucciones de uso y mantenimiento.

Al certificado final de obra se le unirán como anejos los siguientes documentos:

- Descripción de las modificaciones que, con la conformidad del promotor, se hubiesen introducido durante la obra, haciendo constar su compatibilidad con las condiciones de la licencia.
- Relación de los controles realizados.



## MEDICIÓN DEFINITIVA DE LOS TRABAJOS Y LIQUIDACIÓN PROVISIONAL DE LA OBRA

Artículo 45. Recibidas provisionalmente las obras, se procederá inmediatamente por el ingeniero técnico industrial a su medición definitiva, con precisa asistencia del constructor o de su representante. Se extenderá la oportuna certificación por triplicado que, aprobada por el ingeniero técnico industrial con su firma, servirá para el abono por la propiedad del saldo resultante salvo la cantidad retenida en concepto de fianza (según lo estipulado en el artículo 6 de la LOE).

## PLAZO DE GARANTÍA

Artículo 46. El plazo de garantía deberá estipularse en el pliego de condiciones particulares y en cualquier caso nunca deberá ser inferior a 9 meses (1 año en contratos con las administraciones públicas).

## CONSERVACIÓN DE LAS OBRAS RECIBIDAS PROVISIONALMENTE

Artículo 47. Los gastos de conservación durante el plazo de garantía comprendido entre las recepciones provisional y definitiva, correrán a cargo del contratista.

Si el edificio fuese ocupado o utilizado antes de la recepción definitiva, la guardería, limpieza y reparaciones causadas por el uso correrán a cargo del propietario y las reparaciones por vicios de obra o por defectos en las instalaciones, serán a cargo de la contrata.

## RECEPCIÓN DEFINITIVA

Artículo 48. La recepción definitiva se verificará después de transcurrido el plazo de garantía en igual forma y con las mismas formalidades que la provisional, a partir de cuya fecha cesará la obligación del constructor de reparar a su cargo aquellos desperfectos inherentes a la normal conservación de los edificios y quedarán sólo subsistentes todas las responsabilidades que pudieran alcanzarle por vicios de la construcción.

## PRORROGA DEL PLAZO DE GARANTÍA

Artículo 49. Si al proceder al reconocimiento para la recepción definitiva de la obra, no se encontrase ésta en las condiciones debidas, se aplazará dicha recepción definitiva y el ingeniero técnico industrial director marcará al constructor los plazos y



formas en que deberán realizarse las obras necesarias y, de no efectuarse dentro de aquellos, podrá resolverse el contrato con pérdida de la fianza.

## RECEPCIONES DE TRABAJOS CUYA CONTRATA HAYA SIDO RESCINDIDA

Artículo 50. En el caso de resolución del contrato, el contratista vendrá obligado a retirar, en el plazo que se fije en el pliego de condiciones particulares, la maquinaria, medios auxiliares, instalaciones, etc., a resolver los subcontratos que tuviese concertados y a dejar la obra en condiciones de ser reanudada por otra empresa.

Las obras y trabajos terminados por completo se recibirán provisionalmente con los trámites establecidos en este pliego de condiciones. Transcurrido el plazo de garantía se recibirán definitivamente según lo dispuesto en este pliego.

Para las obras y trabajos no determinados, pero aceptables a juicio del ingeniero técnico industrial director, se efectuará una sola y definitiva recepción.

## 1.3.- DISPOSICIONES ECONÓMICAS:

### 1.3.1.- PRINCIPIO GENERAL:

Artículo 51. Todos los que intervienen en el proceso de construcción tienen derecho a percibir puntualmente las cantidades devengadas por su correcta actuación, con arreglo a las condiciones contractualmente establecidas.

La propiedad, el contratista y, en su caso, los técnicos pueden exigirse recíprocamente las garantías adecuadas al cumplimiento puntual de sus obligaciones de pago.

### 1.3.2.- FIANZAS:

Artículo 52. El contratista prestará fianza con arreglo a alguno de los siguientes procedimientos según se estipule:

- a) Depósito previo, en metálico, valores, o aval bancario, por importe entre el 4% y el 10% del precio total de contrata.
- b) Mediante retención en las certificaciones parciales o pagos a cuenta en igual proporción.



El porcentaje de aplicación para el depósito o la retención se fijará en el pliego de condiciones particulares.

## FIANZA EN SUBASTA PÚBLICA

Artículo 53. En el caso de que la obra se adjudique por subasta pública, el depósito provisional para tomar parte en ella se especificará en el anuncio de la misma y su cuantía será de ordinario, y salvo estipulación distinta en el pliego de condiciones particulares vigente en la obra, de un 4% como mínimo, del total del presupuesto de contrata.

El contratista a quien se haya adjudicado la ejecución de una obra o servicio para la misma, deberá depositar en el punto y plazo fijados en el anuncio de la subasta, o el que se determine en el pliego de condiciones particulares del proyecto, la fianza definitiva que se señale y, en su defecto, su importe será el 10% de la cantidad por la que se haga la adjudicación de las formas especificadas en el apartado anterior.

El plazo señalado en el párrafo anterior, y salvo condición expresa establecida en el pliego de condiciones particulares, no excederá de 30 días naturales a partir de la fecha en que se le comunique la adjudicación, y dentro de él deberá presentar el adjudicatario la carta de pago o recibo que acredite la constitución de la fianza a que se refiere el mismo párrafo.

La falta de cumplimiento de este requisito dará lugar a que se declare nula la adjudicación, y el adjudicatario perderá el depósito provisional que hubiese hecho para tomar parte en la subasta.

## EJECUCIÓN DE TRABAJOS CON CARGO A LA FIANZA

Artículo 54. Si el contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos precisos para ultimar la obra en las condiciones contratadas, el ingeniero técnico industrial director, en nombre y representación del propietario, los ordenará ejecutar a un tercero, o, podrá realizarlos directamente por administración, abonando su importe con la fianza depositada, sin perjuicio de las acciones a que tenga derecho el propietario, en el caso de que el importe de la fianza no bastara para cubrir el importe de los gastos efectuados en las unidades de obra que no fuesen de recibo.

## DEVOLUCIÓN DE FIANZAS

Artículo 55. La fianza retenida será devuelta al contratista en un plazo que no excederá de 30 días una vez firmada el acta de recepción definitiva de la obra. La



propiedad podrá exigir que el contratista le acredite la liquidación y finiquito de sus deudas causadas por la ejecución de la obra, tales como salarios, suministros, subcontratos...

## DEVOLUCIÓN DE LA FIANZA EN EL CASO DE EFECTUARSE RECEPCIONES PARCIALES

Artículo 56. Si la propiedad, con la conformidad del ingeniero técnico industrial director, accediera a hacer recepciones parciales, tendrá derecho el contratista a que se le devuelva la parte proporcional de la fianza.

### 1.3.3.- DE LOS PRECIOS:

#### COMPOSICIÓN DE LOS PRECIOS UNITARIOS

Artículo 57. El cálculo de los precios de las distintas unidades de obra es el resultado de sumar los costes directos, los indirectos, los gastos generales y el beneficio industrial.

##### a) COSTES DIRECTOS

- La mano de obra, con sus pluses y cargas y seguros sociales, que interviene directamente en la ejecución de la unidad de obra.
- Los materiales, a los precios resultantes a pie de obra, que queden integrados en la unidad de que se trate o que sean necesarios para su ejecución.
- Los equipos y sistemas técnicos de seguridad y salud para la prevención y protección de accidentes y enfermedades profesionales.
- Los gastos de personal, combustible, energía, etc., que tengan lugar por el accionamiento o funcionamiento de la maquinaria e instalaciones utilizadas en la ejecución de la unidad de obra.
- Los gastos de amortización y conservación de la maquinaria, instalaciones, sistemas y equipos anteriormente citados.

##### b) COSTES INDIRECTOS

Los gastos de instalación de oficinas a pie de obra, comunicaciones, edificación de almacenes, talleres, pabellones temporales para obreros, laboratorios, seguros, etc., los del personal técnico y administrativo adscrito exclusivamente a la obra y los imprevistos. Todos estos gastos, se cifrarán en un porcentaje de los costes directos.



#### c) GASTOS GENERALES

Los gastos generales de empresa, gastos financieros, cargas fiscales y tasas de la administración, legalmente establecidas. Se cifrarán como un porcentaje de la suma de los costes directos e indirectos (en los contratos de obras de la administración pública este porcentaje se establece entre un 13% y un 17%).

#### d) BENEFICIO INDUSTRIAL

El beneficio industrial del contratista se establece en el 6% sobre la suma de las anteriores partidas en obras para la administración.

#### e) PRECIO DE EJECUCIÓN MATERIAL

Se denominará precio de ejecución material el resultado obtenido por la suma de los anteriores conceptos a excepción del beneficio industrial.

#### f) PRECIO DE CONTRATA

El precio de contrata es la suma de los costes directos, los indirectos, los gastos generales y el beneficio industrial.

El IVA se aplica sobre esta suma (precio de contrata) pero no integra el precio.

### PRECIOS DE CONTRATA. IMPORTE DE CONTRATA

Artículo 58. En el caso de que los trabajos a realizar en un edificio u obra aneja cualquiera se contratasen a riesgo y ventura, se entiende por precio de contrata el que importa el coste total de la unidad de obra, es decir, el precio de ejecución material, más el % sobre este último precio en concepto de beneficio industrial del contratista. El beneficio se estima normalmente en el 6%, salvo que en las condiciones particulares se establezca otro distinto.

### PRECIOS CONTRADICTORIOS

Artículo 59. Se producirán precios contradictorios sólo cuando la propiedad por medio del ingeniero técnico industrial decida introducir unidades o cambios de calidad en alguna de las previstas, o cuando sea necesario afrontar alguna circunstancia imprevista.

El contratista estará obligado a efectuar los cambios.





A falta de acuerdo, el precio se resolverá contradictoriamente entre el ingeniero técnico industrial y el contratista antes de comenzar la ejecución de los trabajos y en el plazo que determine el pliego de condiciones particulares. Si subsiste la diferencia se acudirá, en primer lugar, al concepto más análogo dentro del cuadro de precios del proyecto, y en segundo lugar al banco de precios de uso más frecuente en la localidad.

Los contradictorios que hubiere se referirán siempre a los precios unitarios de la fecha del contrato.

## RECLAMACIÓN DE AUMENTO DE PRECIOS

Artículo 60. Si el contratista, antes de la firma del contrato, no hubiese hecho la reclamación u observación oportuna, no podrá bajo ningún pretexto de error u omisión reclamar aumento de los precios fijados en el cuadro correspondiente del presupuesto que sirva de base para la ejecución de las obras.

## FORMAS TRADICIONALES DE MEDIR O DE APLICAR LOS PRECIOS

Artículo 61. En ningún caso podrá alegar el contratista los usos y costumbres del país respecto de la aplicación de los precios o de la forma de medir las unidades de obras ejecutadas, se estará a lo previsto en primer lugar, al pliego general de condiciones técnicas y en segundo lugar, al pliego de condiciones particulares técnicas.

## REVISIÓN DE LOS PRECIOS CONTRATADOS

Artículo 62. Contratándose las obras a riesgo y ventura, no se admitirá la revisión de los precios en tanto que el incremento no alcance, en la suma de las unidades que falten por realizar de acuerdo con el calendario, un montante superior al 3% del importe total del presupuesto de contrato.

Caso de producirse variaciones en alza superiores a este porcentaje, se efectuará la correspondiente revisión de acuerdo con la fórmula establecida en el pliego de condiciones particulares, percibiendo el contratista la diferencia en más que resulte por la variación del IPC superior al 3%.

No habrá revisión de precios de las unidades que puedan quedar fuera de los plazos fijados en el calendario de la oferta.



## ACOPIO DE MATERIALES

Artículo 63. El contratista queda obligado a ejecutar los acopios de materiales o aparatos de obra que la propiedad ordene por escrito.

Los materiales acopiados, una vez abonados por el propietario son, de la exclusiva propiedad de éste; de su guarda y conservación será responsable el contratista.

### 1.3.4.-OBRAS POR ADMINISTRACIÓN:

#### ADMINISTRACIÓN

Artículo 64. Se denominan obras por administración aquellas en las que las gestiones que se precisan para su realización las lleva directamente el propietario, bien por sí o por un representante suyo o bien por mediación de un constructor.

Las obras por administración se clasifican en las dos modalidades siguientes:

- a) Obras por administración directa
- b) Obras por administración delegada o indirecta

#### a) OBRAS POR ADMINISTRACIÓN DIRECTA

Artículo 65. se denominan obras por administración directa aquellas en las que el propietario por sí o por mediación de un representante suyo, que puede ser el propio ingeniero técnico industrial director, expresamente autorizado a estos efectos, lleve directamente las gestiones precisas para la ejecución de la obra, adquiriendo los materiales, contratando su transporte a la obra y, en suma interviniendo directamente en todas las operaciones precisas para que el personal y los obreros contratados por él puedan realizarla; en estas obras el constructor, si lo hubiese, o el encargado de su realización, es un mero dependiente del propietario, ya sea como empleado suyo o como autónomo contratado por él, que es quien reúne en sí, por tanto, la doble personalidad de propietario y contratista.

#### b) OBRAS POR ADMINISTRACIÓN DELEGADA O INDIRECTA

Artículo 66. Se entiende por obra por administración delegada o indirecta la que convienen un propietario y un constructor para que éste, por cuenta de aquel y como delegado suyo, realice las gestiones y los trabajos que se precisen y se convengan.



Son por tanto, características peculiares de las obras por administración delegada o indirecta las siguientes:

1) Por parte del propietario, la obligación de abonar directamente, o por mediación del constructor, todos los gastos inherentes a la realización de los trabajos convenidos, reservándose el propietario la facultad de poder ordenar, bien por sí o por medio del ingeniero técnico industrial director en su representación, el orden y la marcha de los trabajos, la elección de los materiales y aparatos que en los trabajos han de emplearse y, en suma, todos los elementos que crea preciso para regular la realización de los trabajos convenidos.

2) Por parte del constructor, la obligación de llevar la gestión práctica de los trabajos, aportando sus conocimientos constructivos, los medios auxiliares precisos y, en suma, todo lo que, en armonía con su cometido, se requiera para la ejecución de los trabajos, percibiendo por ello del propietario un % prefijado sobre el importe total de los gastos efectuados y abonados por el constructor.

## LIQUIDACIÓN DE OBRAS POR ADMINISTRACIÓN

Artículo 67. Para la liquidación de los trabajos que se ejecuten por administración delegada o indirecta, regirán las normas que a tales fines se establezcan en las condiciones particulares de índole económica vigentes en la obra; a falta de ellas, las cuentas de administración las presentará el constructor al propietario, en relación valorada a la que deberá acompañarse y agrupados en el orden que se expresan los documentos siguientes todos ellos conformados por el ingeniero técnico industrial:

a) Las facturas originales de los materiales adquiridos para los trabajos y el documento adecuado que justifique el depósito o el empleo de dichos materiales en la obra.

b) Las nóminas de los jornales abonados, ajustadas a lo establecido en la legislación vigente, especificando el número de horas trabajadas en la obra por los operarios de cada oficio y su categoría, acompañando a dichas nóminas una relación numérica de los encargados, capataces, jefes de equipo, oficiales y ayudantes de cada oficio, peones especializados y sueltos, listeros, guardas, etc., que hayan trabajado en la obra durante el plazo de tiempo a que correspondan las nóminas que se presentan.

c) Las facturas originales de los transportes de materiales puestos en la obra o de retirada de escombros.



d) Los recibos de licencias, impuestos y demás cargas inherentes a la obra que haya pagado o en cuya gestión haya intervenido el constructor, ya que su abono es siempre de cuenta del propietario.

A la suma de todos los gastos inherentes a la propia obra en cuya gestión o pago haya intervenido el constructor se le aplicará, a falta de convenio especial, un 15%, entendiéndose que en este porcentaje están incluidos los medios auxiliares y los de seguridad preventivos de accidentes, los gastos generales que al constructor originen los trabajos por administración que realiza y el beneficio industrial del mismo.

#### ABONO AL CONSTRUCTOR DE LAS CUENTAS DE ADMINISTRACIÓN DELEGADA

Artículo 68. Salvo pacto distinto, los abonos al constructor de las cuentas de administración delegada los realizará el propietario mensualmente según las partes de trabajos realizados aprobados por el propietario o por su delegado representante. El ingeniero técnico industrial redactará, la medición de la obra realizada, valorándola con arreglo al presupuesto aprobado. Estas valoraciones no tendrán efectos para los abonos al constructor, salvo que se hubiese pactado lo contrario contractualmente.

#### NORMAS PARA LA ADQUISICIÓN DE LOS MATERIALES Y APARATOS

Artículo 69. No obstante las facultades que en estos trabajos por administración delegada se reserva el propietario para la adquisición de los materiales y aparatos, si al constructor se le autoriza para gestionarlos y adquirirlos, deberá presentar al propietario, o en su representación al ingeniero técnico industrial director, los precios y las muestras de los materiales y aparatos ofrecidos, necesitando su previa aprobación antes de adquirirlos.

#### DEL CONSTRUCTOR EN EL BAJO RENDIMIENTO DE LOS OBREROS

Artículo 70. Si de los partes mensuales de obra ejecutada que preceptivamente debe presentar el constructor al ingeniero técnico industrial director, éste advirtiese que los rendimientos de la mano de obra, en todas o en algunas de las unidades de obra ejecutada, fuesen notoriamente inferiores a los rendimientos normales generalmente admitidos para unidades de obra iguales o similares, se lo notificará por escrito al constructor, con el fin de que éste haga las gestiones precisas para aumentar la producción en la cuantía señalada por el ingeniero técnico industrial director.



Si hecha esta notificación al constructor, en los meses sucesivos, los rendimientos no llegasen a los normales, el propietario queda facultado para resarcirse de la diferencia, rebajando su importe del 15% que por los conceptos antes expresados correspondería abonarle al constructor en las liquidaciones quincenales que preceptivamente deben efectuársele. En caso de no llegar ambas partes a un acuerdo en cuanto a los rendimientos de la mano de obra, se someterá el caso a arbitraje.

## RESPONSABILIDADES DEL CONSTRUCTOR

Artículo 71. En los trabajos de obras por administración delegada, el constructor sólo será responsable de los defectos constructivos que pudieran tener los trabajos o unidades por él ejecutadas y también de los accidentes o perjuicios que pudieran sobrevenir a los obreros o a terceras personas por no haber tomado las medidas precisas que en las disposiciones legales vigentes se establecen. En cambio, y salvo lo expresado en el artículo 70 precedente, no será responsable del mal resultado que pudiesen dar los materiales y aparatos elegidos con arreglo a las normas establecidas en dicho artículo.

En virtud de lo anteriormente consignado, el constructor está obligado a reparar por su cuenta los trabajos defectuosos y a responder también de los accidentes o perjuicios expresados en el párrafo anterior.

### 1.3.5.-VALORACIÓN Y ABONO DE LOS TRABAJOS:

#### FORMAS DE ABONO DE LAS OBRAS

Artículo 72. Según la modalidad elegida para la contratación de las obras, y salvo que en el pliego particular de condiciones económicas se preceptúe otra cosa, el abono de los trabajos se efectuará así:

1) Tipo fijo o tanto alzado total. Se abonará la cifra previamente fijada como base de la adjudicación, disminuida en su caso en el importe de la baja efectuada por el adjudicatario.

2) Tipo fijo o tanto alzado por unidad de obra. Este precio por unidad de obra es invariable y se haya fijado de antemano, pudiendo variar solamente el número de unidades ejecutadas.

Previa medición y aplicando al total de las diversas unidades de obra ejecutadas, del precio invariable estipulado de antemano para cada una de ellas, estipulado de antemano para cada una de ellas, se abonará al contratista el importe de las comprendidas en los



trabajos ejecutados y ultimados con arreglo y sujeción a los documentos que constituyen el proyecto, los que servirán de base para la medición y valoración de las diversas unidades.

3) Tanto variable por unidad de obra. Según las condiciones en que se realice y los materiales diversos empleados en su ejecución de acuerdo con las órdenes del ingeniero técnico industrial.

Se abonará al contratista en idénticas condiciones al caso anterior.

4) Por listas de jornales y recibos de materiales, autorizados en la forma que el presente pliego general de condiciones económicas determina.

5) Por horas de trabajo, ejecutado en las condiciones determinadas en el contrato.

## RELACIONES VALORADAS Y CERTIFICACIONES

Artículo 73. En cada una de las épocas o fechas que se fijen en el contrato o en los pliegos de condiciones particulares que rijan en la obra, formará el contratista una relación valorada de las obras ejecutadas durante los plazos previstos, según la medición que habrá practicado el ingeniero técnico industrial.

Lo ejecutado por el contratista en las condiciones preestablecidas, se valorará aplicando al resultado de la medición general, cúbica, superficial, lineal, ponderada o numeral correspondiente para cada unidad de obra, los precios señalados en el presupuesto para cada una de ellas, teniendo presente además lo establecido en el presente pliego general de condiciones económicas respecto a mejoras o sustituciones de material y a las obras accesorias y especiales, etc.

Al contratista, que podrá presenciar las mediciones necesarias para extender dicha relación, se le facilitarán por el ingeniero técnico industrial los datos correspondientes de la relación valorada, acompañándolos de una nota de envío, al objeto de que, dentro del plazo de 10 días a partir de la fecha del recibo de dicha nota, pueda el contratista examinarlos y devolverlos firmados con su conformidad o hacer, en caso contrario, las observaciones o reclamaciones que considere oportunas.

Dentro de los 10 días siguientes a su recibo, el ingeniero técnico industrial director aceptará o rechazará las reclamaciones del contratista si las hubiere, dando cuenta al mismo de su resolución, pudiendo éste, en el segundo caso, acudir ante el propietario contra la resolución del ingeniero técnico industrial director en la forma referida en los pliegos generales de condiciones facultativas y legales.

Tomando como base la relación valorada indicada en el párrafo anterior, expedirá el ingeniero técnico industrial director la certificación de las obras ejecutadas. De su



importe se deducirá el tanto por cien que para la construcción de la fianza se haya preestablecido.

El material acopiado a pie de obra por indicación expresa y por escrito del propietario, podrá certificarse hasta el 90% de su importe, a los precios que figuren en los documentos del proyecto, sin afectarlos del % de contrata.

Las certificaciones se remitirán al propietario, dentro del mes siguiente al período a que se refieren, y tendrán el carácter de documento y entregas a buena cuenta, sujetas a las rectificaciones y variaciones que se deriven de la liquidación final, no suponiendo tampoco dichas certificaciones aprobación ni recepción de las obras que comprenden.

Las relaciones valoradas contendrán solamente la obra ejecutada en el plazo a que la valoración se refiere. En el caso de que el ingeniero técnico industrial director lo exigiera, las certificaciones se extenderán al origen.

## MEJORAS DE OBRAS LIBREMENTE EJECUTADAS

Artículo 74. Cuando el contratista, incluso con autorización del ingeniero técnico industrial director, emplease materiales de más esmerada preparación o de mayor tamaño que el señalado en el proyecto o sustituyese una clase de fábrica con otra que tuviese asignado mayor precio o ejecutase con mayores dimensiones cualquiera parte de la obra, o, en general, introdujese en ésta y sin pedírsela, cualquiera otra modificación que sea beneficiosa a juicio del ingeniero técnico industrial director, no tendrá derecho, sin embargo, más que al abono de lo que pudiera corresponder en el caso de que hubiese construido la obra con estricta sujeción a la proyectada y contratada o adjudicada.

## ABONO DE TRABAJOS PRESUPUESTADOS CON PARTIDA ALZADA

Artículo 75. Salvo lo preceptuado en el pliego de condiciones particulares de índole económica, vigente en la obra, el abono de los trabajos presupuestados en partida alzada, se efectuará de acuerdo con el procedimiento que corresponda entre los que a continuación se expresan:

- a) Si existen precios contratados para unidades de obras iguales, las presupuestadas mediante partida alzada, se abonarán previa medición y aplicación del precio establecido.
- b) Si existen precios contratados para unidades de obra similares, se establecerán precios contradictorios para las unidades con partida alzada, deducidos de los similares contratados.



c) Si no existen precios contratados para unidades de obra iguales o similares, la partida alzada se abonará íntegramente al contratista, salvo el caso de que en el presupuesto de la obra se exprese que el importe de dicha partida debe justificarse, en cuyo caso el ingeniero técnico industrial director indicará al contratista y con anterioridad a su ejecución, el procedimiento que de seguirse para llevar dicha cuenta, que en realidad será de administración, valorándose los materiales y jornales a los precios que figuren en el presupuesto aprobado o, en su defecto, a los que con anterioridad a la ejecución convengan las dos partes, incrementándose su importe total con el porcentaje que se fije en el pliego de condiciones particulares en concepto de gastos generales y beneficio industrial del contratista.

## ABONO DE AGOTAMIENTOS Y OTROS TRABAJOS ESPECIALES NO CONTRATADOS

Artículo 76. Cuando fuese preciso efectuar agotamientos, inyecciones y otra clase de trabajos de cualquiera índole especial y ordinaria, que por no estar contratados no sean de cuenta del contratista, y si no se contratasen con tercera persona, tendrá el contratista la obligación de realizarlos y de satisfacer los gastos de toda clase que ocasionen, los cuales le serán abonados por el propietario por separado de la contrata.

Además de reintegrar mensualmente estos gastos al contratista, se le abonará juntamente con ellos el tanto por cien del importe total que, en su caso, se especifique en el pliego de condiciones particulares.

## PAGOS

Artículo 77. Los pagos se efectuarán por el propietario en los plazos previamente establecidos, y su importe corresponderá precisamente al de las certificaciones de obra conformadas por el ingeniero técnico industrial director, en virtud de las cuales se verifican aquellos.

## ABONO DE TRABAJOS EJECUTADOS DURANTE EL PLAZO DE GARANTÍA

Artículo 78. Efectuada la recepción provisional y si durante el plazo de garantía se hubieran ejecutado trabajos cualesquiera, para su abono se procederá así:

1) Si los trabajos que se realicen estuvieran especificados en el proyecto, y sin causa justificada no se hubieran realizado por el contratista a su debido tiempo; y el ingeniero técnico industrial director exigiera su realización durante el plazo de garantía,





serán valorados a los precios que figuren en el presupuesto y abonados de acuerdo con lo establecido en los pliegos particulares o en su defecto en los generales, en el caso de que dichos precios fuesen inferiores a los que rijan en la época de su realización; en caso contrario, se aplicarán estos últimos.

2) Si se han ejecutado trabajos precisos para la reparación de desperfectos ocasionados por el uso del edificio, por haber sido éste utilizado durante dicho plazo por el propietario, se valorarán y abonarán a los precios del día, previamente acordados.

3) Si se han ejecutado trabajos para la reparación de desperfectos ocasionados por deficiencia de la construcción o de la calidad de los materiales, nada se abonará por ellos al contratista.

### **1.3.6.- INDEMNIZACIONES MUTUAS:**

#### **INDEMNIZACIÓN POR RETRASO DEL PLAZO DE TERMINACIÓN DE LAS OBRAS**

Artículo 79. La indemnización por retraso en la terminación se establecerá en un tanto por mil del importe total de los trabajos contratados, por cada día natural de retraso, contados a partir del día de terminación fijado en el calendario de obra, salvo lo dispuesto en el pliego particular del presente proyecto.

Las sumas resultantes se descontarán y retendrán con cargo a la fianza.

#### **DEMORA DE LOS PAGOS POR PARTE DEL PROPIETARIO**

Artículo 80. Si el propietario no efectuase el pago de las obras ejecutadas, dentro del mes siguiente al que corresponde el plazo convenido el contratista tendrá además el derecho de percibir el abono de un 5% anual (o el que se defina en el pliego particular), en concepto de intereses de demora, durante el espacio de tiempo del retraso y sobre el importe de la mencionada certificación.

Si aún transcurrieran 2 meses a partir del término de dicho plazo de 1 mes sin realizarse dicho pago, tendrá derecho el contratista a la resolución del contrato, procediéndose a la liquidación correspondiente de las obras ejecutadas y de los materiales acopiados, siempre que éstos reúnan las condiciones preestablecidas y que su cantidad no exceda de la necesaria para la terminación de la obra contratada o adjudicada.

No obstante lo anteriormente expuesto, se rechazará toda solicitud de resolución del contrato fundada en dicha demora de pagos, cuando el contratista no justifique que en la



fecha de dicha solicitud ha invertido en obra o en materiales acopiados admisibles la parte de presupuesto correspondiente al plazo de ejecución que tenga señalado en el contrato.

### **1.3.7.- VARIOS:**

#### **MEJORAS, AUMENTOS Y/O REDUCCIONES DE OBRA.**

Artículo 76. No se admitirán mejoras de obra, más que en el caso en que el ingeniero técnico industrial director haya ordenado por escrito la ejecución de trabajos nuevos o que mejoren la calidad de los contratados, así como la de los materiales y aparatos previstos en el contrato. Tampoco se admitirán aumentos de obra en las unidades contratadas, salvo caso de error en las mediciones del proyecto a menos que el ingeniero técnico industrial director ordene, también por escrito, la ampliación de las contratadas.

En todos estos casos será condición indispensable que ambas partes contratantes, antes de su ejecución o empleo, convengan por escrito los importes totales de las unidades mejoradas, los precios de los nuevos materiales o aparatos ordenados emplear y los aumentos que todas estas mejoras o aumentos de obra supongan sobre el importe de las unidades contratadas.

Se seguirán el mismo criterio y procedimiento, cuando el ingeniero técnico industrial director introduzca innovaciones que supongan una reducción apreciable en los importes de las unidades de obra contratadas.

#### **UNIDADES DE OBRA DEFECTUOSAS, PERO ACEPTABLES**

Artículo 77. Cuando por cualquier causa fuera menester valorar obra defectuosa, pero aceptable a juicio del ingeniero técnico industrial director de las obras, éste determinará el precio o partida de abono después de oír al contratista, el cual deberá conformarse con dicha resolución, salvo el caso en que, estando dentro del plazo de ejecución, prefiera demoler la obra y rehacerla con arreglo a condiciones, sin exceder de dicho plazo.

#### **SEGURO DE LAS OBRAS**

Artículo 78. El contratista estará obligado a asegurar la obra contratada durante todo el tiempo que dure su ejecución hasta la recepción definitiva; la cuantía del seguro coincidirá en cada momento con el valor que tengan por contrata los objetos asegurados.



El importe abonado por la sociedad aseguradora, en el caso de siniestro, se ingresará en cuenta a nombre del propietario, para que con cargo a ella se abone la obra que se construya, y a medida que ésta se vaya realizando.

El reintegro de dicha cantidad al contratista se efectuará por certificaciones, como el resto de los trabajos de la construcción. En ningún caso, salvo conformidad expresa del contratista, hecho en documento público, el propietario podrá disponer de dicho importe para menesteres distintos del de reconstrucción de la parte siniestrada.

La infracción de lo anteriormente expuesto será motivo suficiente para que el contratista pueda resolver el contrato, con devolución de fianza, abono completo de gastos, materiales acopiados, etc., y una indemnización equivalente al importe de los daños causados al contratista por el siniestro y que no se le hubiesen abonado, pero sólo en proporción equivalente a lo que suponga la indemnización abonada por la compañía aseguradora, respecto al importe de los daños causados por el siniestro, que serán tasados a estos efectos por el ingeniero técnico industrial director.

En las obras de reforma o reparación, se fijarán previamente la porción de edificio que debe ser asegurada y su cuantía, y si nada se prevé, se entenderá que el seguro ha de comprender toda la parte del edificio afectada por la obra.

Los riesgos asegurados y las condiciones que figuren en la póliza o pólizas de seguros, los pondrá el contratista, antes de contratarlos, en conocimiento del propietario, al objeto de recabar de éste su previa conformidad o reparos.

Además se han de establecer garantías por daños materiales ocasionados por vicios y defectos de la construcción, según se describe en el artículo 81, en base al artículo 19 de la LOE.

## CONSERVACIÓN DE LA OBRA

Artículo 79. Si el contratista, siendo su obligación, no atiende a la conservación de la obra durante el plazo de garantía, en el caso de que el edificio no haya sido ocupado por el propietario antes de la recepción definitiva, el ingeniero técnico industrial director, en representación del propietario, podrá disponer todo lo que sea preciso para que se atienda a la guardería, limpieza y todo lo que fuese menester para su buena conservación, abonándose todo ello por cuenta de la contrata.

Al abandonar el contratista el edificio, tanto por buena terminación de las obras, como en el caso de resolución del contrato, está obligado a dejarlo desocupado y limpio en el plazo que el ingeniero técnico industrial director fije.



Después de la recepción provisional del edificio y en el caso de que la conservación del edificio corra a cargo del contratista, no deberá haber en él más herramientas, útiles, materiales, muebles, etc., que los indispensables para su guardería y limpieza y para los trabajos que fuese preciso ejecutar.

En todo caso, ocupado o no el edificio, está obligado el contratista a revisar y reparar la obra, durante el plazo expresado, procediendo en la forma prevista en el presente pliego de condiciones económicas.

## USO POR EL CONTRATISTA DE EDIFICIO O BIENES DEL PROPIETARIO

Artículo 80. Cuando durante la ejecución de las obras ocupe el contratista, con la necesaria y previa autorización del propietario, edificios o haga uso de materiales o útiles pertenecientes al mismo, tendrá obligación de repararlos y conservarlos para hacer entrega de ellos a la terminación del contrato, en perfecto estado de conservación, reponiendo los que se hubiesen inutilizado, sin derecho a indemnización por esta reposición ni por las mejoras hechas en los edificios, propiedades o materiales que haya utilizado.

En el caso de que al terminar el contrato y hacer entrega del material, propiedades o edificaciones, no hubiese cumplido el contratista con lo previsto en el párrafo anterior, lo realizará el propietario a costa de aquel y con cargo a la fianza.

## PAGO DE ARBITRIOS

El pago de impuestos y arbitrios en general, municipales o de otro origen, sobre vallas, alumbrado, etc., cuyo abono debe hacerse durante el tiempo de ejecución de las obras y por conceptos inherentes a los propios trabajos que se realizan, correrán a cargo de la contrata, siempre que en las condiciones particulares del proyecto no se estipule lo contrario.

## GARANTÍAS POR DAÑOS MATERIALES OCASIONADOS POR VICIOS Y DEFECTOS DE LA CONSTRUCCIÓN

Artículo 81. El régimen de garantías exigibles para las obras de edificación se hará efectivo de acuerdo con la obligatoriedad que se establece en la LOE (el apartado c) exigible para edificios cuyo destino principal sea el de vivienda, según disposición adicional segunda de la LOE), teniendo como referente a las siguientes garantías:

a) Seguro de daños materiales o seguro de caución, para garantizar, durante 1 año, el resarcimiento de los daños causados por vicios o defectos de ejecución que afecten a



elementos de terminación o acabado de las obras, que podrá ser sustituido por la retención por el promotor de un 5% del importe de la ejecución material de la obra.

b) Seguro de daños materiales o seguro de caución, para garantizar, durante 3 años, el resarcimiento de los daños causados por vicios o defectos de los elementos constructivos o de las instalaciones que ocasionen el incumplimiento de los requisitos de habitabilidad especificados en el artículo 3 de la LOE.

c) Seguro de daños materiales o seguro de caución, para garantizar, durante 10 años, el resarcimiento de los daños materiales causados por vicios o defectos que tengan su origen o afecten a la cimentación, los soportes, las vigas, los forjados, los muros de carga u otros elementos estructurales, y que comprometan directamente la resistencia mecánica y estabilidad del edificio.



## **2-PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULARES**

### **2.1.- PRESCRIPCIONES SOBRE LOS MATERIALES:**

#### **2.1.1.- CONDICIONES GENERALES:**

##### Artículo 1. Calidad de los materiales

Todos los materiales a emplear en la presente obra serán de primera calidad y reunirán las condiciones exigidas vigentes referentes a materiales y prototipos de construcción.

##### Artículo 2. Pruebas y ensayos de materiales

Todos los materiales a que este capítulo se refiere podrán ser sometidos a los análisis o pruebas, por cuenta de la contrata, que se crean necesarios para acreditar su calidad. Cualquier otro que haya sido especificado, y sea necesario emplear, deberá ser aprobado por la dirección de las obras, bien entendido que será rechazado el que no reúna las condiciones exigidas por la buena práctica de la construcción.

##### Artículo 3. Materiales no consignados en proyecto

Los materiales no consignados en proyecto que dieran lugar a precios contradictorios reunirán las condiciones de bondad necesarias, a juicio de la dirección facultativa, no teniendo el contratista derecho a reclamación alguna por estas condiciones exigidas.



## 2.1.2.- CONDICIONES QUE HAN DE CUMPLIR LOS MATERIALES:

### Artículo 5. Materiales para hormigones y morteros

#### 1. Áridos

##### 1.1. Generalidades

La naturaleza de los áridos y su preparación serán tales que permitan garantizar la adecuada resistencia y durabilidad del hormigón, así como las restantes características que se exijan a éste en el pliego de prescripciones técnicas particulares.

Como áridos para la fabricación de hormigones pueden emplearse arenas y gravas existentes en yacimientos naturales, machacados u otros productos cuyo empleo se encuentre sancionado por la práctica o resulte aconsejable como consecuencia de estudios realizados en un laboratorio oficial. En cualquier caso cumplirá las condiciones de la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE).

Cuando no se tengan antecedentes sobre la utilización de los áridos disponibles, o se vayan a emplear para otras aplicaciones distintas de las ya sancionadas por la práctica, se realizarán ensayos de identificación mediante análisis mineralógicos, petrográficos, físicos o químicos, según convengan a cada caso.

En el caso de utilizar escorias siderúrgicas como árido, se comprobará previamente que son estables, es decir, que no contienen silicatos inestables ni compuestos ferrosos. Esta comprobación se efectuará con arreglo al método de ensayo UNE 7243.

Se prohíbe el empleo de áridos que contengan sulfuros oxidables.

Se entiende por “arena” o “árido fino” el árido fracción del mismo que pasa por un tamiz de 5 mm de luz de malla (tamiz 5 UNE 7050); por “grava” o “árido grueso” el que resulta detenido por dicho tamiz; y por “árido total” (o simplemente “árido”, cuando no hay lugar a confusiones), aquel que, de por sí o por mezcla, posee las proporciones de arena y grava adecuadas para fabricar el hormigón necesario en el caso particular que se considere.

##### 1.2. Limitación de tamaño

Cumplirá las condiciones señaladas en la EHE.



## 2. Agua para amasado

Habrà de cumplir las siguientes prescripciones:

- Acidez tal que el pH sea mayor de 5. (UNE 7234:71).
- Sustancias solubles, menos de 15 gr/l, según UNE 7130:58.
- Sulfatos expresados en SO<sub>4</sub>, menos de 1 gr/l, según ensayo UNE 7131:58.
- Ion cloro para hormigón con armaduras, menos de 6 gr/l, según UNE 7178:60.
- Grasas o aceites de cualquier clase, menos de 15 gr/l, según UNE 7235.
- Carencia absoluta de azúcares o carbohidratos, según ensayo UNE 7132:58.
- Demàs prescripciones de la EHE.

## 3. Aditivos

Se definen como aditivos a emplear en hormigones y morteros aquellos productos sólidos o líquidos, excepto cemento, áridos o agua, que mezclados durante el amasado modifican o mejoran las características del mortero u hormigón, en especial en lo referente al fraguado, endurecimiento, plasticidad e inclusión de aire.

Se establecen los siguientes límites:

- Si se emplea cloruro cálcico como acelerador, su dosificación será igual o menor del 2% del peso del cemento y si se trata de hormigonar con temperaturas muy bajas, del 3,5% del peso del cemento.
- Si se usan aireantes para hormigones normales su proporción será tal que la disminución de la resistencia a compresión producida por la inclusión del aireante sea inferior al 20%. En ningún caso la proporción de aireante será mayor del 4% del peso del cemento.
- En caso de empleo de colorantes, la proporción será inferior al 10% del peso del cemento. No se emplearán colorantes orgánicos.
- Cualquier otro que se derive de la aplicación de la EHE.

## 4. Cemento

Se entiende como tal un aglomerante hidráulico que responda a alguna de las definiciones de la Instrucción para la recepción de cementos (RC-03).

Podrá almacenarse en sacos o a granel. En el primer caso, el almacén protegerá contra la intemperie y la humedad, tanto del suelo como de las paredes. Si se almacenara a





granel, no podrán mezclarse en el mismo sitio cementos de distintas calidades y procedencias.

Se exigirá al contratista la realización de ensayos que demuestren de modo satisfactorio que los cementos cumplen las condiciones exigidas. Las partidas de cemento defectuoso serán retiradas de la obra en el plazo máximo de 8 días. Los métodos de ensayo serán los detallados en la RC-03. Se realizarán en laboratorios homologados.

Se tendrán en cuenta prioritariamente las determinaciones de la EHE.

## Artículo 5. Acero

### 5.1. Acero de alta adherencia en redondos para armaduras

Se aceptarán aceros de alta adherencia que lleven el sello de conformidad CIETSID.

Estos aceros vendrán marcados de fábrica con señales indelebles para evitar confusiones en su empleo. No presentarán ovalaciones, grietas, sopladuras, ni mermas de sección superiores al 5%.

El módulo de elasticidad será igual o mayor que 2.100.000 kg/cm<sup>2</sup>.

Entendiendo por límite elástico la mínima tensión capaz de producir una deformación permanente de 0,2%, se prevé el acero de límite elástico 4.200 kg/cm<sup>2</sup>, cuya carga de rotura no será inferior a 5.250 kg/cm<sup>2</sup>. Esta tensión de rotura es el valor de la ordenada máxima del diagrama tensión-deformación.

Se tendrán en cuenta prioritariamente las determinaciones de la EHE.

### 5.2. Acero laminado

El acero empleado en los perfiles de acero laminado será de los tipos establecidos en la norma UNE EN 10025, también se podrán utilizar los aceros establecidos por las normas UNE EN 10210-1:1994 y UNE EN 10219-1:1998.

En cualquier caso se tendrán en cuenta las especificaciones del artículo 4.2 del DB SE-A Seguridad Estructural Acero del CTE.

Los perfiles vendrán con su correspondiente identificación de fábrica, con señales indelebles para evitar confusiones. No presentarán grietas, ovalizaciones, sopladuras ni mermas de sección superiores al 5%.



## Artículo 6. Materiales auxiliares de hormigones

### 6.1. Productos para curado de hormigones

Se definen como productos para curado de hormigones hidráulicos los que, aplicados en forma de pintura pulverizada, depositan una película impermeable sobre la superficie del hormigón para impedir la pérdida de agua por evaporación.

El color de la capa protectora resultante será claro, preferiblemente blanco, para evitar la absorción del calor solar. Esta capa deberá ser capaz de permanecer intacta durante 7 días al menos después de una aplicación.

### 7.2. Desencofrantes

Se definen como tales a los productos que, aplicados en forma de pintura a los encofrados, disminuyen la adherencia entre éstos y el hormigón, facilitando la labor de desmoldeo. El empleo de estos productos deberá ser expresamente autorizado, sin cuyo requisito no se podrán utilizar.

## Artículo 8. Encofrados y cimbras

### 8.1. Encofrados en muros

Podrán ser de madera o metálicos, pero tendrán la suficiente rigidez, latiguillos y puntales para que la deformación máxima debida al empuje del hormigón fresco sea inferior a 1 cm respecto a la superficie teórica de acabado. Para medir estas deformaciones se aplicará sobre la superficie desencofrada una regla metálica de 2 m de longitud, recta si se trata de una superficie plana, o curva si ésta es reglada.

Los encofrados para hormigón visto necesariamente habrán de ser de madera.

## Artículo 9. Aglomerantes, excluido cemento

### 9.1. Cal hidráulica

Cumplirá las siguientes condiciones:



- Peso específico comprendido entre dos enteros y cinco décimas y dos enteros y ocho décimas.

- Densidad aparente superior a ocho décimas.

- Pérdida de peso por calcinación al rojo blanco menor del 12%.

- Fraguado entre 9 y 30 h.

- Residuo de tamiz 4900 mallas menor del 6%.

- Resistencia a la tracción de pasta pura a los 7 días superior a 8 kg/cm<sup>2</sup>. Curado de la probeta un 1 día al aire y el resto en agua.

- Resistencia a la tracción del mortero normal a los 7 días superior a 4 kg/cm<sup>2</sup>. Curado por la probeta 1 día al aire y el resto en agua.

- Resistencia a la tracción de pasta pura a los 28 días superior a 8 kg/cm<sup>2</sup> y también superior en 2 kg/cm<sup>2</sup> a la alcanzada al 7º día.

## 9.2. Yeso negro

Deberá cumplir las siguientes condiciones:

- El contenido en sulfato cálcico semihidratado (SO<sub>4</sub>Ca/2H<sub>2</sub>O) será como mínimo del 50% en peso.

- El fraguado no comenzará antes de los 2 min y no terminará después de los 30 min.

- En tamiz 0,2 UNE 7050 no será mayor del 20%.

- En tamiz 0,08 UNE 7050 no será mayor del 50%.

- Las probetas prismáticas 4-4-16 cm de pasta normal ensayadas a flexión, con una separación entre apoyos de 10,67 cm, resistirán una carga central de 120 kg como mínimo.

- La resistencia a compresión determinada sobre medias probetas procedentes del ensayo a flexión, será como mínimo 75 kg/cm<sup>2</sup>. La toma de muestras se efectuará como mínimo en un 3% de los casos mezclando el yeso procedente hasta obtener por cuarteo una muestra de 10 kg como mínimo una muestra. Los ensayos se efectuarán según las normas UNE 7064 y UNE 7065.

## Artículo 10. Materiales para fábrica y forjados

### 10.1. Fábrica de ladrillo y bloque.



Las piezas utilizadas en la construcción de fábricas de ladrillo o bloque se ajustarán a lo estipulado en el artículo 4 del DB SE-F Seguridad Estructural Fábrica del CTE.

La resistencia normalizada a compresión mínima de las piezas será de 5 N/mm<sup>2</sup>.

Los ladrillos serán de primera calidad según queda definido en el Pliego general de condiciones para la recepción de ladrillos cerámicos en las obras de construcción (RL-88). Las dimensiones de los ladrillos se medirán de acuerdo con la UNE 7267. La resistencia a compresión de los ladrillos será como mínimo:

- Ladrillos macizos = 100 kg/cm<sup>2</sup>.
- Ladrillos perforados = 100 kg/cm<sup>2</sup>.
- Ladrillos huecos = 50 kg/cm<sup>2</sup>.

## **2.2.- PRESCRIPCIONES EN CUANTO A LA EJECUCIÓN POR UNIDADES DE OBRA Y PRESCRIPCIONES SOBRE VERIFICACIONES EN EL EDIFICIO TERMINADO:**

### Artículo 11. Movimiento de tierras

#### 11.1. Explanación y préstamos

Consiste en el conjunto de operaciones para excavar, evacuar, rellenar y nivelar el terreno así como las zonas de préstamos que puedan necesitarse y el consiguiente transporte de los productos removidos a depósito o lugar de empleo.

##### 11.1.1. Ejecución de las obras

Una vez terminadas las operaciones de desbroce del terreno, se iniciarán las obras de excavación, ajustándose a las alineaciones, pendientes, dimensiones y demás información contenida en los planos.



La tierra vegetal que se encuentre en las excavaciones, que no se hubiera extraído en el desbroce, se aceptará para su utilización posterior en protección de superficies erosionables.

En cualquier caso, la tierra vegetal extraída se mantendrá separada del resto de los productos excavados.

Todos los materiales que se obtengan de la excavación, excepción hecha de la tierra vegetal, se podrán utilizar en la formación de rellenos y demás usos fijados en este pliego y se transportarán directamente a las zonas previstas dentro del solar, o vertedero si no tuvieran aplicación dentro de la obra.

En cualquier caso no se desechará ningún material excavado sin previa autorización. Durante las diversas etapas de la construcción de la explanación, las obras se mantendrán en perfectas condiciones de drenaje.

El material excavado no se podrá colocar de forma que represente un peligro para construcciones existentes, por presión directa o por sobrecarga de los rellenos contiguos.

Las operaciones de desbroce y limpieza se efectuarán con las precauciones necesarias, para evitar daño a las construcciones colindantes y existentes.

Los árboles a derribar caerán hacia el centro de la zona objeto de la limpieza, acotándose las zonas de vegetación o arbolado destinadas a permanecer en su sitio.

Todos los tocones y raíces mayores de 10 cm de diámetro serán eliminados hasta una profundidad no inferior a 50 cm por debajo de la rasante de excavación y no menor de 15 cm por debajo de la superficie natural del terreno.

Todos los huecos causados por la extracción de tocones y raíces se rellenarán con material análogo al existente, compactándose hasta que su superficie se ajuste al nivel pedido.

No existe obligación por parte del constructor de trocear la madera a longitudes inferiores a 3 m.

La ejecución de estos trabajos se realizara produciendo las menores molestias posibles a las zonas habitadas próximas al terreno desbrozado.

#### 11.1.2. Medición y abono

La excavación de la explanación se abonará por m<sup>3</sup> realmente excavados, medidos por diferencia entre los datos iniciales, tomados inmediatamente antes de iniciar los trabajos, y los datos finales, tomados inmediatamente después de concluidos. La medición se hará sobre los perfiles obtenidos.



## 11.2. Excavación en zanjas y pozos

Consiste en el conjunto de operaciones necesarias para conseguir emplazamiento adecuado para las obras de fábrica y estructuras, y sus cimentaciones; comprenden zanjas de drenaje u otras análogas. Su ejecución incluye las operaciones de excavación, nivelación y evacuación del terreno y el consiguiente transporte de los productos removidos a depósito o lugar de empleo.

### 11.2.1. Ejecución de las obras

El contratista de las obras notificará con la antelación suficiente el comienzo de cualquier excavación, a fin de que se puedan efectuar las mediciones necesarias sobre el terreno inalterado. El terreno natural adyacente al de la excavación o se modificará ni renovará sin autorización.

La excavación continuará hasta llegar a la profundidad en que aparezca el firme y obtenerse una superficie limpia y firme, a nivel o escalonada, según se ordene. No obstante, la dirección facultativa podrá modificar la profundidad, si a la vista de las condiciones del terreno lo estimara necesario, a fin de conseguir una cimentación satisfactoria.

El replanteo se realizará de tal forma que existirán puntos fijos de referencia, tanto de cotas como de nivel, siempre fuera del área de excavación.

Se llevará en obra un control detallado de las mediciones de la excavación de las zanjas.

El comienzo de la excavación de zanjas se realizará cuando existan todos los elementos necesarios para su excavación, incluida la madera para una posible entibación.

La dirección facultativa indicará siempre la profundidad de los fondos de la excavación de la zanja, aunque sea distinta a la de proyecto, siendo su acabado limpio, a nivel o escalonado.

La contrata deberá asegurar la estabilidad de los taludes y paredes verticales de todas las excavaciones que realice, aplicando los medios de entibación, apuntalamiento, apeo y protección superficial del terreno que considere necesario, a fin de impedir desprendimientos, derrumbamientos y deslizamientos que pudieran causar daño a personas o a las obras, aunque tales medios no estuvieran definidos en el proyecto, o no hubiesen sido ordenados por la dirección facultativa.



La dirección facultativa podrá ordenar en cualquier momento la colocación de entibaciones, apuntalamientos, apeos y protecciones superficiales del terreno.

Se adoptarán por la contrata todas las medidas necesarias para evitar la entrada del agua, manteniendo libre de la misma la zona de excavación, colocándose las ataguías, drenajes, protecciones, cunetas, canaletas y conductos de desagüe que sean necesarios.

Las aguas superficiales deberán ser desviadas por la contrata y canalizadas antes de que alcancen los taludes, las paredes y el fondo de la excavación de la zanja.

El fondo de la zanja deberá quedar libre de tierra, fragmentos de roca, roca alterada, capas de terreno inadecuado o cualquier elemento extraño que pudiera debilitar su resistencia. Se limpiarán las grietas y hendiduras, rellenándose con material compactado u hormigón.

La separación entre el tajo de la máquina y la entibación no será mayor de vez y media la profundidad de la zanja en ese punto.

En el caso de terrenos meteorizables o erosionables por viento o lluvia, las zanjas nunca permanecerán abiertas más de 8 días, sin que sean protegidas o finalizados los trabajos.

Una vez alcanzada la cota inferior de la excavación de la zanja para cimentación, se hará una revisión general de las edificaciones medianeras, para observar si se han producido desperfectos y tomar las medidas pertinentes.

Mientras no se efectúe la consolidación definitiva de las paredes y fondos de la zanja, se conservarán las entibaciones, apuntalamientos y apeos que hayan sido necesarios, así como las vallas, cerramientos y demás medidas de protección.

Los productos resultantes de la excavación de las zanjas, que sean aprovechables para un relleno posterior, se podrán depositar en montones situados a un solo lado de la zanja, y a una separación del borde de la misma de 0,60 m como mínimo, dejando libres, caminos, aceras, cunetas, acequias y demás pasos y servicios existentes.

#### 11.2.2. Preparación de cimentaciones

La excavación de cimientos se profundizará hasta el límite indicado en el proyecto. Las corrientes o aguas pluviales o subterráneas que pudieran presentarse, se cegarán o desviarán en la forma y empleando los medios convenientes.

Antes de proceder al vertido del hormigón y la colocación de las armaduras de cimentación, se dispondrá de una capa de hormigón de limpieza de 10 cm de espesor debidamente nivelada.



El importe de esta capa de hormigón se considera incluido en los precios unitarios de cimentación.

### 11.2.3. Medición y abono

La excavación en zanjas o pozos se abonará por m<sup>3</sup> realmente excavados, medidos por diferencia entre los datos iniciales, tomados inmediatamente antes de iniciar los trabajos, y los datos finales, tomados inmediatamente después de finalizados los mismos.

### 11.3. Relleno y apisonado de zanjas de pozos

Consiste en la extensión o compactación de materiales terrosos, procedentes de excavaciones anteriores o préstamos para relleno de zanjas y pozos.

#### 11.3.1. Extensión y compactación

Los materiales de relleno se extenderán en tongadas sucesivas de espesor uniforme y sensiblemente horizontales. El espesor de estas tongadas será el adecuado a los medios disponibles para que se obtenga en todo el mismo grado de compactación exigido.

La superficie de las tongadas será horizontal o convexa con pendiente transversal máxima del 2%. Una vez extendida la tongada, se procederá a la humectación si es necesario.

El contenido óptimo de humedad se determinará en obra, a la vista de la maquinaria disponible y de los resultados que se obtengan de los ensayos realizados.

En los casos especiales en que la humedad natural del material sea excesiva para conseguir la compactación prevista, se tomarán las medidas adecuadas procediendo incluso a la desecación por oreo, o por adición de mezcla de materiales secos o sustancias apropiadas (cal viva, etc.).

Conseguida la humectación más conveniente, posteriormente se procederá a la compactación mecánica de la tongada.

Sobre las capas en ejecución debe prohibirse la acción de todo tipo de tráfico hasta que se haya completado su composición.

Si el relleno tuviera que realizarse sobre terreno natural, se realizará en primer lugar el desbroce y limpieza del terreno, se seguirá con la excavación y extracción de material inadecuado en la profundidad requerida por el proyecto, escarificándose posteriormente el terreno para conseguir la debida trabazón entre el relleno y el terreno.





Cuando el relleno se asiente sobre un terreno que tiene presencia de aguas superficiales o subterráneas, se desviarán las primeras y se captarán y conducirán las segundas, antes de comenzar la ejecución.

Si los terrenos fueran inestables, apareciera turba o arcillas blandas, se asegurará la eliminación de este material o su consolidación.

Una vez extendida la tongada se procederá a su humectación si es necesario, de forma que el humedecimiento sea uniforme.

El relleno del trasdós de los muros se realizará cuando éstos tengan la resistencia requerida y no antes de los 21 días si son de hormigón.

Después de haber llovido no se extenderá una nueva tongada de relleno o terraplén hasta que la última se haya secado, o se escarificará añadiendo la siguiente tongada más seca, hasta conseguir que la humedad final sea la adecuada.

Si por razones de sequedad hubiera que humedecer una tongada se hará de forma uniforme, sin que existan encharcamientos.

Se pararán los trabajos de terraplenado cuando la temperatura descienda de 2° C.

### 11.3.2. Medición y abono

Las distintas zonas de los rellenos se abonarán por m<sup>3</sup> realmente ejecutados, medidos por diferencia entre los datos iniciales, tomados inmediatamente antes de iniciarse los trabajos, y los datos finales, tomados inmediatamente después de compactar el terreno.

## Artículo 12. Hormigones

### 12.1. Dosificación de hormigones

Corresponde al contratista efectuar el estudio granulométrico de los áridos, dosificación de agua y consistencia del hormigón de acuerdo con los medios y puesta en obra que emplee en cada caso, y siempre cumpliendo lo prescrito en la EHE.

### 12.2. Fabricación de hormigones

En la confección y puesta en obra de los hormigones se cumplirán las prescripciones generales de la EHE.

Los áridos, el agua y el cemento deberán dosificarse automáticamente en peso. Las instalaciones de dosificación, lo mismo que todas las demás para la fabricación y puesta en obra del hormigón habrán de someterse a lo indicado en la normativa vigente.



Las tolerancias admisibles en la dosificación serán del 2% para el agua y el cemento, 5% para los distintos tamaños de áridos y 2% para el árido total. En la consistencia del hormigón se admitirá una tolerancia de 20 mm medida con el cono de Abrams.

La instalación de hormigonado será capaz de realizar una mezcla regular e íntima de los componentes proporcionando un hormigón de color y consistencia uniforme. En la hormigonera deberá colocarse una placa en la que se haga constar la capacidad y la velocidad en revoluciones por minuto recomendadas por el fabricante, las cuales nunca deberán sobrepasarse.

Antes de introducir el cemento y los áridos en el mezclador, éste se habrá cargado de una parte de la cantidad de agua requerida por la masa completándose la dosificación de este elemento en un periodo de tiempo que no deberá ser inferior a 5 segundos ni superior a la tercera parte del tiempo de mezclado, contados a partir del momento en que el cemento y los áridos se hayan introducido en el mezclador. Antes de volver a cargar de nuevo la hormigonera se vaciará totalmente su contenido.

No se permitirá volver a amasar en ningún caso hormigones que hayan fraguado parcialmente, aunque se añadan nuevas cantidades de cemento, áridos y agua.

### 12.3. Mezcla en obra

La ejecución de la mezcla en obra se hará de la misma forma que la señalada para la mezcla en central.

### 12.4. Transporte de hormigón

El transporte desde la hormigonera se realizará tan rápidamente como sea posible. En ningún caso se tolerará la colocación en obra de hormigones que acusen un principio de fraguado o presenten cualquier otra alteración.

Al cargar los elementos de transporte no debe formarse con las masas montones cónicos, que favorecerían la segregación.

Cuando la fabricación de la mezcla se haya realizado en una instalación central, su transporte a obra deberá realizarse empleando camiones provistos de agitadores.

### 12.5. Puesta en obra del hormigón

Como norma general no deberá transcurrir más de 1 h entre la fabricación del hormigón, su puesta en obra y su compactación.



No se permitirá el vertido libre del hormigón desde alturas superiores a 1 m, quedando prohibido arrojarlo con palas a gran distancia, distribuirlo con rastrillo, o hacerlo avanzar más de 0,5 m de los encofrados.

Al verter el hormigón se removerá enérgica y eficazmente para que las armaduras queden perfectamente envueltas, cuidando especialmente los sitios en que se reúne gran cantidad de acero, y procurando que se mantengan los recubrimientos y la separación entre las armaduras.

En losas, el extendido del hormigón se ejecutará de modo que el avance se realice en todo su espesor.

En vigas, el hormigonado se hará avanzando desde los extremos, llenándolas en toda su altura y procurando que el frente vaya recogido, para que no se produzcan segregaciones y la lechada escurra a lo largo del encofrado.

#### 12.6. Compactación del hormigón

La compactación de hormigones deberá realizarse por vibración. Los vibradores se aplicarán siempre de modo que su efecto se extienda a toda la masa, sin que se produzcan segregaciones. Si se emplean vibradores internos, deberán sumergirse longitudinalmente en la tongada subyacente y retirarse también longitudinalmente sin desplazarlos transversalmente mientras estén sumergidos en el hormigón. La aguja se introducirá y retirará lentamente, y a velocidad constante, recomendándose a este efecto que no se superen los 10 cm/seg, con cuidado de que la aguja no toque las armaduras. La distancia entre los puntos sucesivos de inmersión no será superior a 75 cm, y será la adecuada para producir en toda la superficie de la masa vibrada una humectación brillante, siendo preferible vibrar en pocos puntos prolongadamente. No se introducirá el vibrador a menos de 10 cm de la pared del encofrado.

#### 12.7. Curado de hormigón

Durante el primer período de endurecimiento se someterá al hormigón a un proceso de curado según el tipo de cemento utilizado y las condiciones climatológicas del lugar. En cualquier caso, deberá mantenerse la humedad del hormigón y evitarse todas las causas tanto externas, como sobrecarga o vibraciones, que puedan provocar la fisuración del elemento hormigonado. Una vez humedecido el hormigón se mantendrán húmedas sus superficies, mediante arpilleras, esterillas de paja u otros tejidos análogos durante 3 días si



el conglomerante empleado fuese cemento Portland I-35, aumentándose este plazo en el caso de que el cemento utilizado fuese de endurecimiento más lento.

#### 12.8. Juntas en el hormigonado

Las juntas podrán ser de hormigonado, contracción o dilatación, debiendo cumplir lo especificado en los planos.

Se cuidará que las juntas creadas por las interrupciones en el hormigonado queden normales a la dirección de los máximos esfuerzos de compresión, o donde sus efectos sean menos perjudiciales.

Cuando sean de temer los efectos debidos a la retracción, se dejarán juntas abiertas durante algún tiempo, para que las masas contiguas puedan deformarse libremente. El ancho de tales juntas deberá ser el necesario para que, en su día, puedan hormigonarse correctamente.

Al reanudar los trabajos se limpiará la junta de toda suciedad, lechada o árido que haya quedado suelto, y se humedecerá su superficie sin exceso de agua, aplicando en toda su superficie lechada de cemento antes de verter el nuevo hormigón. Se procurará alejar las juntas de hormigonado de las zonas en que la armadura esté sometida a fuertes tracciones.

#### 12.9. Terminación de los paramentos vistos

Si no se prescribe otra cosa, la máxima flecha o irregularidad que pueden presentar los paramentos planos, medida respecto a una regla de dos 2 m de longitud aplicada en cualquier dirección será la siguiente:

- Superficies vistas: 6 mm.
- Superficies ocultas: 25 mm.

#### 12.10. Limitaciones de ejecución

El hormigonado se suspenderá, como norma general, en caso de lluvias, adoptándose las medidas necesarias para impedir la entrada de la lluvia a las masas de hormigón fresco o lavado de superficies. Si esto llegara a ocurrir, se habrá de picar la superficie lavada, regarla y continuar el hormigonado después de aplicar lechada de cemento.

Antes de hormigonar:

- Replanteo de ejes, cotas de acabado.



- Colocación de armaduras.
- Limpieza y humedecido de los encofrados.

Durante el hormigonado:

- El vertido se realizará desde una altura máxima de 1 m, salvo que se utilicen métodos de bombeo a distancia que impidan la segregación de los componentes del hormigón. Se realizará por tongadas de 30 cm. Se vibrará sin que las armaduras ni los encofrados experimenten movimientos bruscos o sacudidas, cuidando de que no queden coqueras y se mantenga el recubrimiento adecuado.

- Se suspenderá el hormigonado cuando la temperatura descienda de 0° C, o lo vaya a hacer en las próximas 48 h. Se podrán utilizar medios especiales para esta circunstancia, pero bajo la autorización de la dirección facultativa.

- No se dejarán juntas horizontales, pero si a pesar de todo se produjesen, se procederá a la limpieza, rascado o picado de superficies de contacto, vertiendo a continuación mortero rico en cemento, y hormigonando seguidamente. Si hubiesen transcurrido más de 48 h se tratará la junta con resinas epoxi.

- No se mezclarán hormigones de distintos tipos de cemento.

Después del hormigonado:

- El curado se realizará manteniendo húmedas las superficies de las piezas hasta que se alcance un 70% de su resistencia.

- Se procederá al desencofrado en las superficies verticales pasados 7 días, y de las horizontales no antes de los 21 días. Todo ello siguiendo las indicaciones de la dirección facultativa.

#### 12.11. Medición y abono

El hormigón se medirá y abonará por m<sup>3</sup> realmente vertido en obra, midiendo entre caras interiores de encofrado de superficies vistas. En las obras de cimentación que no necesiten encofrado se medirá entre caras de terreno excavado. En el caso de que en el cuadro de precios la unidad de hormigón se exprese por m<sup>2</sup>, como es el caso de soleras, forjado, etc., se medirá de esta forma por m<sup>2</sup> realmente ejecutado, incluyéndose en las mediciones todas las desigualdades y aumentos de espesor debidas a las diferencias de la



capa inferior. Si en el cuadro de precios se indicara que está incluido el encofrado, acero, etc., siempre se considerará la misma medición del hormigón por m<sup>3</sup> o por m<sup>2</sup>. En el precio van incluidos siempre los servicios y costos de curado de hormigón.

## Artículo 13. Morteros

### 13.1. Dosificación de morteros

Se fabricarán los tipos de morteros especificados en las unidades de obra, indicándose cuál ha de emplearse en cada caso para la ejecución de las distintas unidades de obra.

### 13.2. Fabricación de morteros

Los morteros se fabricarán en seco, continuándose el batido después de verter el agua en la forma y cantidad fijada, hasta obtener una pasta homogénea de color y consistencia uniforme sin palomillas ni grumos.

### 13.3. Medición y abono.

El mortero suele ser una unidad auxiliar y, por tanto, su medición va incluida en las unidades a las que sirve: fábrica de ladrillos, enfoscados, pavimentos, etc. En algún caso excepcional se medirá y abonará por m<sup>3</sup>, obteniéndose su precio del cuadro de precios, si lo hay, u obteniendo un nuevo precio contradictorio.

## Artículo 14. Encofrados

### 14.1. Construcción y montaje

Tanto las uniones como las piezas que constituyen los encofrados, deberán poseer la resistencia y la rigidez necesarias para que con la marcha prevista de hormigonado, y especialmente bajo los efectos dinámicos producidos por el sistema de compactación exigido o adoptado, no se originen esfuerzos anormales en el hormigón, ni durante su puesta en obra, ni durante su periodo de endurecimiento, así como tampoco movimientos locales en los encofrados superiores a los 5 mm.

Los enlaces de los distintos elementos o planos de los moldes serán sólidos y sencillos, de modo que su montaje se verifique con facilidad.



Los encofrados de los elementos rectos o planos de más de 6 m de luz libre se dispondrán con la contraflecha necesaria para que, una vez encofrado y cargado el elemento, éste conserve una ligera cavidad en el intradós.

Los moldes ya usados y que vayan a servir para unidades repetidas serán cuidadosamente rectificadas y limpiadas.

Los encofrados de madera se humedecerán antes del hormigonado, a fin de evitar la absorción del agua contenida en el hormigón, y se limpiarán especialmente los fondos dejándose aberturas provisionales para facilitar esta labor.

Las juntas entre las distintas tablas deberán permitir el entumecimiento de las mismas por la humedad del riego y del hormigón, sin que, sin embargo, dejen escapar la pasta durante el hormigonado, para lo cual se podrá realizar un sellado adecuado.

Se tendrán en cuenta los planos de la estructura y de despiece de los encofrados.

Confección de las diversas partes del encofrado:

Montaje según un orden determinado según sea la pieza a hormigonar: si es un muro primero se coloca una cara, después la armadura y, por último la otra cara; si es en pilares, primero la armadura y después el encofrado, y si es en vigas primero el encofrado y a continuación la armadura.

No se dejarán elementos separadores o tirantes en el hormigón después de desencofrar, sobre todo en ambientes agresivos.

Se anotará la fecha de hormigonado de cada pieza, con el fin de controlar su desencofrado.

El apoyo sobre el terreno se realizará mediante tabloncillos/durmientes.

Si la altura es excesiva para los puntales, se realizarán planos intermedios con tabloncillos colocados perpendicularmente a estos; las líneas de puntales inferiores irán arriostrados.

Se vigilará la correcta colocación de todos los elementos antes de hormigonar, así como la limpieza y humedecido de las superficies.

El vertido del hormigón se realizará a la menor altura posible.

Se aplicarán los desencofrantes antes de colocar las armaduras.

Los encofrados deberán resistir las acciones que se desarrollen durante la operación de vertido y vibrado, y tener la rigidez necesaria para evitar deformaciones, según las siguientes tolerancias:



Espesores en m	Tolerancia en mm
Hasta 0,10	2
De 0,11 a 0,20	3
De 0,21 a 0,40	4
De 0,41 a 0,60	6
De 0,61 a 1,00	8
Más de 1,00	10

Dimensiones horizontales o verticales entre ejes:

Parciales	20
Totales	40

Desplomes:

En una planta	10
En total	30

### 23.2. Apeos y cimbras. Construcción y montaje

Las cimbras y apeos deberán ser capaces de resistir su peso propio y el del elemento completo sustentado, así como otras sobrecargas accidentales que puedan actuar sobre ellas (operarios, maquinaria, viento, etc.).

Las cimbras y apeos tendrán la resistencia y disposición necesaria para que en ningún momento los movimientos locales, sumados en su caso a los del encofrado sobrepasen los 5 mm, ni los de conjunto la milésima de la luz (1/1.000).

### 14.3. Desencofrado y descimbrado del hormigón

El desencofrado de costeros verticales de elementos de poco canto podrá efectuarse a 1 día de hormigonada la pieza, a menos que durante dicho intervalo se hayan producido bajas temperaturas y otras cosas capaces de alterar el proceso normal de endurecimiento del hormigón. Los costeros verticales de elementos de gran canto no deberán retirarse antes de los 2 días con las mismas salvedades apuntadas anteriormente, a menos que se emplee curado a vapor.

El descimbrado podrá realizarse cuando, a la vista de las circunstancias y temperatura, en el resultado de las pruebas de resistencia el elemento de construcción sustentado haya adquirido el doble de la resistencia necesaria para soportar los esfuerzos





que aparezcan al descimbrar. El descimbrado se hará de modo suave y uniforme, recomendándose el empleo de cunas, gatos, cajas de arena y otros dispositivos, cuando el elemento a descimbrar sea de cierta importancia.

Condiciones de desencofrado:

- No se procederá al desencofrado hasta transcurrido un mínimo de 7 días para los soportes y 3 días para los demás casos, siempre con la aprobación de la dirección facultativa.

- Los tableros de fondo y los planos de apeo se desencofrarán siguiendo las indicaciones de la NTE-EH y la EHE, con la previa aprobación de la dirección facultativa. Se procederá al aflojado de las cuñas, dejando el elemento separado unos 3 cm durante 12 h, realizando entonces la comprobación de la flecha para ver si es admisible.

- Cuando el desencofrado sea dificultoso se regará abundantemente, también se podrá aplicar desencofrante superficial.

- Se apilarán los elementos de encofrado que se vayan a reutilizar, después de una cuidadosa limpieza.

#### 14.4. Medición y abono

Los encofrados se medirán siempre por m<sup>2</sup> de superficie en contacto con el hormigón, no siendo de abono las obras o excesos de encofrado, así como los elementos auxiliares de sujeción o apeos necesarios para mantener el encofrado en una posición correcta y segura contra esfuerzos de viento, etc. En este precio se incluyen, además, los desencofrantes y las operaciones de desencofrado y retirada del material. En el caso de que en el cuadro de precios esté incluido el encofrado la unidad de hormigón, se entiende que tanto el encofrado como los elementos auxiliares y el desencofrado van incluidos en la medición del hormigón.

### Artículo 15. Armaduras

#### 15.1. Colocación, recubrimiento y empalme de armaduras

Todas estas operaciones se efectuarán de acuerdo con la EHE.

#### 15.2. Medición y abono



De las armaduras de acero empleadas en el hormigón armado se abonarán los kg realmente empleados, deducidos de los planos de ejecución, por medición de su longitud, añadiendo la longitud de los solapes de empalme, medida en obra y aplicando los pesos unitarios correspondientes a los distintos diámetros empleados.

En ningún caso se abonará con solapes un peso mayor del 5% del peso del redondo resultante de la medición efectuada en el plano sin solapes.

El precio comprenderá a la adquisición, los transportes de cualquier clase hasta el punto de empleo, el pesaje, la limpieza de armaduras, si es necesario, el doblado de las mismas, el izado, sustentación y colocación en obra, incluido el alambre para ataduras y separadores, la pérdida por recortes y todas cuantas operaciones y medios auxiliares sean necesarios.

## Artículo 16 Estructuras de acero

### 16.1 Descripción

Sistema estructural realizado con elementos de acero laminado.

### 16.2 Condiciones previas

- Se dispondrá de zonas de acopio y manipulación adecuadas.
- Las piezas serán de las características descritas en el proyecto de ejecución.
- Se comprobará el trabajo de soldadura de las piezas compuestas realizadas en taller.
- Las piezas estarán protegidas contra la corrosión con pinturas adecuadas.

### 16.3 Componentes

- Perfiles de acero laminado.
- Perfiles conformados.
- Chapas y pletinas.

### 16.4 Ejecución

- Limpieza de restos de hormigón, etc. de las superficies donde se procede al trazado de replanteos y soldadura de arranques.
- Trazado de ejes de replanteo.



- Se utilizarán calzos, apeos, pernos, sargentos y cualquier otro medio que asegure su estabilidad durante el montaje.
- Las piezas se cortarán con oxicorte o con sierra radial, permitiéndose el uso de cizallas para el corte de chapas.
- Los cortes no presentarán irregularidades ni rebabas.
- No se realizarán las uniones definitivas hasta haber comprobado la perfecta posición de las piezas.
- Los ejes de todas las piezas estarán en el mismo plano.
- Todas las piezas tendrán el mismo eje de gravedad.

#### Uniones mediante soldadura:

Se admiten los siguientes procedimientos:

- Soldeo eléctrico manual, por arco descubierto con electrodo revestido.
- Soldeo eléctrico automático, por arco en atmósfera gaseosa.
- Soldeo eléctrico automático, por arco sumergido.
- Soldeo eléctrico por resistencia.
- Se prepararán las superficies a soldar realizando exactamente los espesores de garganta, las longitudes de soldado y la separación entre los ejes de soldadura en uniones discontinuas.
- Los cordones se realizarán uniformemente, sin mordeduras ni interrupciones; después de cada cordón se eliminará la escoria con piqueta y cepillo.
- Se prohíbe todo enfriamiento anormal por excesivamente rápido de las soldaduras.
- Los elementos soldados para la fijación provisional de las piezas se eliminarán cuidadosamente con soplete, nunca a golpes. Los restos de soldaduras se eliminarán con radial o lima.
- Una vez inspeccionada y aceptada la estructura se procederá a su limpieza y protección antioxidante, para realizar por último el pintado.

#### 16.5 Control

- Se controlará que las piezas recibidas se corresponden con las especificadas.
- Se controlará la homologación de las piezas cuando sea necesario.
- Se controlará la correcta disposición de los nudos y de los niveles de placas de anclaje.



## 16.6 Medición

Se medirá por kg de acero elaborado y montado en obra, incluidos despuntes. En cualquier caso se seguirán los criterios establecidos en las mediciones.

## 16.7 Mantenimiento

Cada 3 años se realizará una inspección de la estructura para comprobar su estado de conservación y su protección antioxidante y contra el fuego.

## Artículo 17. Albañilería

### 17.1. Fábrica de ladrillo

Los ladrillos se colocan según los aparejos presentados en el proyecto. Antes de colocarlos se humedecerán en agua. El humedecimiento deberá ser hecho inmediatamente antes de su empleo, debiendo estar sumergidos en agua 10 min al menos. Salvo especificaciones en contrario, el tendel debe tener un espesor de 10 mm.

Todas las hiladas deben quedar perfectamente horizontales y con la cara buena perfectamente plana, vertical y a plano con los demás elementos que deba coincidir. Para ello se hará uso de las miras necesarias, colocando la cuerda en las divisiones o marcas hechas en las miras.

Salvo indicación en contra se empleará un mortero de 250 kg de cemento I-35 por m<sup>3</sup> de pasta.

Al interrumpir el trabajo, se quedará el muro en adaraja para trabar al día siguiente la fábrica con la anterior. Al reanudar el trabajo se regará la fábrica antigua limpiándola de polvo y repicando el mortero.

Las unidades en ángulo se harán de manera que se deje medio ladrillo de un muro contiguo, alternándose las hileras.

La medición se hará por m<sup>2</sup>, según se expresa en el cuadro de precios. Se medirán las unidades realmente ejecutadas, descontándose los huecos.

Los ladrillos se colocarán siempre “a restregón”.

Los cerramientos de más de 3,5 m de altura estarán anclados en sus 4 caras.

Los que superen la altura de 3,5 m estarán rematados por un zuncho de hormigón armado.



Los muros tendrán juntas de dilatación y de construcción. Las juntas de dilatación serán las estructurales, quedarán arriostradas y se sellarán con productos sellantes adecuados.

En el arranque del cerramiento se colocará una capa de mortero de 1 cm de espesor en toda la anchura del muro. Si el arranque no fuese sobre forjado, se colocará una lámina de barrera antihumedad.

En el encuentro del cerramiento con el forjado superior se dejará una junta de 2 cm que se rellenará posteriormente con mortero de cemento, preferiblemente al rematar todo el cerramiento.

Los apoyos de cualquier elemento estructural se realizarán mediante una zapata y/o una placa de apoyo.

Los muros conservarán durante su construcción los plomos y niveles de las llagas, y serán estancos al viento y a la lluvia.

Todos los huecos practicados en los muros irán provistos de su correspondiente cargadero.

Al terminar la jornada de trabajo, o cuando haya que suspenderla por las inclemencias del tiempo, se arriostrarán los paños realizados y sin terminar.

Se protegerá de la lluvia la fábrica recientemente ejecutada.

Si ha helado durante la noche se revisará la obra del día anterior. No se trabajará mientras esté helando.

El mortero se extenderá sobre la superficie de asiento en cantidad suficiente para que la llaga y el tendel rebosen.

No se utilizarán piezas menores de  $\frac{1}{2}$  ladrillo.

Los encuentros de muros y esquinas se ejecutarán en todo su espesor y en todas sus hiladas.

## 17.2. Tabicón de ladrillo hueco doble

Para la construcción de tabiques se emplearán tabicones huecos colocándolos de canto, con sus lados mayores formando los paramentos del tabique. Se mojarán inmediatamente antes de su uso. Se tomarán con mortero de cemento. Su construcción se hará con auxilio de miras y cuerdas y se rellenarán las hiladas perfectamente horizontales. Cuando en el tabique haya huecos se colocarán previamente los cercos que quedarán perfectamente aplomados y nivelados. Su medición se hará por m<sup>2</sup> de tabique realmente ejecutado.



### 17.3. Cítaras de ladrillo perforado y hueco doble

Se tomarán con mortero de cemento y con condiciones de medición y ejecución análogas a las descritas en el párrafo 28.2 para el tabicón.

### 17.4. Tabiques de ladrillo hueco sencillo

Se tomarán con mortero de cemento y con condiciones de ejecución y medición análogas en el párrafo 28.2.

### 17.5. Guarnecido y maestreado de yeso negro

Para ejecutar los guarnecidos se construirán unas muestras de yeso previamente que servirán de guía al resto del revestimiento. Para ello se colocarán renglones de madera bien rectos, espaciados a 1 m aproximadamente, sujetándolos con dos puntos de yeso en ambos extremos.

Los renglones deben estar perfectamente aplomados, guardando una distancia de 1,5 a 2 cm aproximadamente del paramento a revestir. Las caras interiores de los renglones estarán situadas en un mismo plano, para lo cual se tenderá una cuerda para los puntos superiores e inferiores de yeso, debiendo quedar aplomados en sus extremos. Una vez fijos los renglones se regará el paramento y se echará el yeso entre cada renglón y el paramento, procurando que quede bien relleno el hueco. Para ello, se seguirán lanzando pelladas de yeso al paramento pasando una regla bien recta sobre las maestras, quedando enrasado el guarnecido con las maestras.

Las masas de yeso habrá que hacerlas en cantidades pequeñas para ser usadas inmediatamente y evitar su aplicación cuando esté “muerto”. Se prohibirá tajantemente la preparación del yeso en grandes artesas con gran cantidad de agua para que vaya espesando según se vaya empleando.

Si el guarnecido va a recibir un guarnecido posterior, quedará con su superficie rugosa a fin de facilitar la adherencia del enlucido. En todas las esquinas se colocarán guardavivos metálicos de 2 m de altura. Su colocación se hará por medio de un renglón debidamente aplomado que servirá, al mismo tiempo, para hacer la maestra de la esquina. La medición se hará por m<sup>2</sup> de guarnecido realmente ejecutado, deduciéndose huecos, incluyéndose en el precio todos los medios auxiliares, andamios, banquetas, etc., empleados para su construcción. En el precio se incluirán así mismo los guardavivos de las esquinas y su colocación.



#### 17.6. Enlucido de yeso blanco

Para los enlucidos se usarán únicamente yesos blancos de primera calidad. Inmediatamente de amasado se extenderá sobre el guarnecido de yeso hecho previamente, extendiéndolo con la llana y apretando fuertemente hasta que la superficie quede completamente lisa y fina. El espesor del enlucido será de 2 a 3 mm. Es fundamental que la mano de yeso se aplique inmediatamente después de amasado para evitar que el yeso esté “muerto”.

Su medición y abono será por m<sup>2</sup> de superficie realmente ejecutada. Si en el cuadro de precios figura el guarnecido y el enlucido en la misma unidad, la medición y abono correspondiente comprenderá todas las operaciones y medio auxiliares necesarios para dejar bien terminado y rematado tanto el guarnecido como el enlucido, con todos los requisitos prescritos en este pliego.

#### 17.7. Enfoscados de cemento.

Los enfoscados de cemento se harán con cemento de 550 kg de cemento por m<sup>3</sup> de pasta en paramentos exteriores, y de 500 kg de cemento por m<sup>3</sup> en paramentos interiores, empleándose arena de río o de barranco, lavada para su confección.

Antes de extender el mortero se preparará el paramento sobre el cual haya de aplicarse.

En todos los casos se limpiarán bien de polvo los paramentos y se lavarán, debiendo estar húmeda la superficie de la fábrica antes de extender el mortero. La fábrica debe estar en su interior perfectamente seca. Las superficies de hormigón se picarán, regándolas antes de proceder al enfoscado.

Preparada así la superficie, se aplicará con fuerza el mortero sobre una parte del paramento por medio de la llana, evitando echar una porción de mortero sobre otra ya aplicada. Así se extenderá una capa que se irá regularizando al mismo tiempo que se coloca para lo cual se recogerá con el canto de la llana el mortero. Sobre el revestimiento blando todavía se volverá a extender una segunda capa, continuando así hasta que la parte sobre la que se haya operado tenga conveniente homogeneidad. Al emprender la nueva operación habrá fraguado la parte aplicada anteriormente. Será necesario pues, humedecer sobre la junta de unión antes de echar sobre ellas las primeras llanas del mortero.

La superficie de los enfoscados debe quedar áspera para facilitar la adherencia del revoco que se echa sobre ellos. En el caso de que la superficie deba quedar fratasada se dará una segunda capa de mortero fino con el fratás.



Si las condiciones de temperatura y humedad lo requieren, a juicio de la dirección facultativa, se humedecerán diariamente los enfoscados, bien durante la ejecución o bien después de terminada, para que el fraguado se realice en buenas condiciones.

- Preparación del mortero:

Las cantidades de los diversos componentes necesarios para confeccionar el mortero vendrán especificadas en la documentación técnica; en caso contrario, cuando las especificaciones vengan dadas en proporción, se seguirán los criterios establecidos, para cada tipo de mortero y dosificación, en la tabla 5 de la NTE-RPE.

No se confeccionará mortero cuando la temperatura del agua de amasado exceda de la banda comprendida entre 5° C y 40° C.

El mortero se batirá hasta obtener una mezcla homogénea. Los morteros de cemento y mixtos se aplicarán a continuación de su amasado, en tanto que los de cal no se podrán utilizar hasta 5 h después.

Se limpiarán los útiles de amasado cada vez que se vaya a confeccionar un nuevo mortero.

- Condiciones generales de ejecución:

Antes de la ejecución del enfoscado se comprobará que:

Las superficies a revestir no se verán afectadas, antes del fraguado del mortero, por la acción lesiva de agentes atmosféricos de cualquier índole o por las propias obras que se ejecutan simultáneamente.

Los elementos fijos como rejillas, ganchos, cercos, etc. han sido recibidos previamente cuando el enfoscado ha de quedar visto.

Se han reparado los desperfectos que pudiera tener el soporte y éste se halla fraguado cuando se trate de mortero u hormigón.

- Durante la ejecución:

Se amasará la cantidad de mortero que se estime puede aplicarse en óptimas condiciones antes de que se inicie el fraguado; no se admitirá la adición de agua una vez amasado.





Antes de aplicar mortero sobre el soporte se humedecerá ligeramente éste, a fin de que no absorba agua necesaria para el fraguado.

En los enfoscados exteriores vistos, maestreados o no, y para evitar agrietamientos irregulares, será necesario hacer un despiezado del revestimiento en recuadros de lado no mayor de 3 m, mediante llagas de 5 mm de profundidad.

En los encuentros o diedros formados entre un paramento vertical y un techo, se enfoscará éste en primer lugar.

Cuando el espesor del enfoscado sea superior a 15 mm se realizará por capas sucesivas, sin que ninguna de ellas supere este espesor.

Se reforzarán, con tela metálica o malla de fibra de vidrio indesmallable y resistente a la alcalinidad del cemento, los encuentros entre materiales distintos, particularmente, entre elementos estructurales y cerramientos o particiones, susceptibles de producir fisuras en el enfoscado; dicha tela se colocará tensa y fijada al soporte con solape mínimo de 10 cm a ambos lados de la línea de discontinuidad.

En tiempo de heladas, cuando no quede garantizada la protección de las superficies, se suspenderá la ejecución; se comprobará, al reanudar los trabajos, el estado de aquellas superficies que hubiesen sido revestidas.

En tiempo lluvioso se suspenderán los trabajos cuando el paramento no esté protegido y las zonas aplicadas se protegerán con lonas o plásticos.

En tiempo extremadamente seco y caluroso y/o en superficies muy expuestas al sol y/o a vientos muy secos y cálidos, se suspenderá la ejecución.

- Después de la ejecución:

Transcurridas 24 h desde la aplicación del mortero se mantendrá húmeda la superficie enfoscada, hasta que el mortero haya fraguado.

No se fijarán elementos en el enfoscado hasta que haya fraguado totalmente y no antes de 7 días.

## Artículo 18. Cubiertas. Formación de pendientes y faldones

### 18.1 Descripción



Trabajos destinados a la ejecución de los planos inclinados, con la pendiente prevista, sobre los que ha de quedar constituida la cubierta o cerramiento superior de un edificio.

### 18.2 Condiciones previas

- Documentación ingeniero técnico industrial y planos de obra:

Planos de planta de cubiertas con definición del sistema adoptado para ejecutar las pendientes, la ubicación de los elementos sobresalientes de la cubierta, etc. Escala mínima 1:100.

Planos de detalle con representación gráfica de la disposición de los diversos elementos, estructurales o no, que conformarán los futuros faldones para los que no exista o no se haya adoptado especificación normativa alguna. Escala 1:20. Los símbolos de las especificaciones citadas se referirán a la norma NTE-QT y, en su defecto, a las señaladas por el fabricante.

Solución de intersecciones con los conductos y elementos constructivos que sobresalen de los planos de cubierta y ejecución de los mismos: shunts, patinillos, chimeneas, etc.

En ocasiones, según sea el tipo de faldón a ejecutar, deberá estar ejecutada la estructura que servirá de soporte a los elementos de formación de pendiente.

### 18.3 Componentes

Se admite una gama muy amplia de materiales y formas para la configuración de los faldones de cubierta, con las limitaciones que establece la normativa vigente y las que son inherentes a las condiciones físicas y resistentes de los propios materiales.

Sin entrar en detalles morfológicos o de proceso industrial, podemos citar, entre otros, los siguientes materiales:

- Madera.
- Acero.
- Hormigón.
- Cerámica.
- Cemento.

### 18.4 Ejecución

La configuración de los faldones de una cubierta de edificio requiere contar con una disposición estructural para conformar las pendientes de evacuación de aguas de lluvia y



un elemento superficial (tablero) que, apoyado en esa estructura, complete la formación de una unidad constructiva susceptible de recibir el material de cobertura e impermeabilización, así como de permitir la circulación de operarios en los trabajos de referencia.

Formación de pendientes. Existen dos formas de ejecutar las pendientes de una cubierta:

- La estructura principal conforma la pendiente.
- La pendiente se realiza mediante estructuras auxiliares.

1. Pendiente conformada por la propia estructura principal de cubierta:

a) Cerchas: estructuras trianguladas de madera o metálicas sobre las que se disponen, transversalmente, elementos lineales (correas) o superficiales (placas o tableros de tipo cerámico, de madera, prefabricados de hormigón, etc.). El material de cubrición podrá anclarse a las correas (o a los cabios que se hayan podido fijar a su vez sobre ellas) o recibirse sobre los elementos superficiales o tableros que se configuren sobre las correas.

b) Placas inclinadas: placas resistentes alveolares que salvan la luz comprendida entre apoyos estructurales y sobre las que se colocará el material de cubrición o, en su caso, otros elementos auxiliares sobre los que clavarlo o recibirlo.

c) Viguetas inclinadas: que apoyarán sobre la estructura de forma que no ocasionen empujes horizontales sobre ella o estos queden perfectamente contrarrestados. Sobre las viguetas podrá constituirse bien un forjado inclinado con entrevigado de bovedillas y capa de compresión de hormigón, o bien un tablero de madera, cerámico, de elementos prefabricados, de paneles o chapas metálicas perforadas, hormigón celular armado, etc. Las viguetas podrán ser de madera, metálicas o de hormigón armado o pretensado; cuando se empleen de madera o metálicas llevarán la correspondiente protección.

2. Pendiente conformada mediante estructura auxiliar: Esta estructura auxiliar apoyará sobre un forjado horizontal o bóveda y podrá ejecutarse de modo diverso:

a) Tabiques conejeros: también llamados tabiques palomeros, se realizarán con fábrica aligerada de ladrillo hueco colocado a sardinel, recibida y rematada con maestra



inclinada de yeso y contarán con huecos en un 25% de su superficie; se independizarán del tablero mediante una hoja de papel. Cuando la formación de pendientes se lleve a cabo con tabiquillos aligerados de ladrillo hueco sencillo, las limas, cumbreras, bordes libres, doblado en juntas estructurales, etc. se ejecutarán con tabicón aligerado de ladrillo hueco doble. Los tabiques o tabicones estarán perfectamente aplomados y alineados; además, cuando alcancen una altura media superior a 0,50 m, se deberán arriostrar con otros, normales a ellos. Los encuentros estarán debidamente enjarjados y, en su caso, el aislamiento térmico dispuesto entre tabiquillos será del espesor y la tipología especificados en la documentación técnica.

b) Tabiques con bloque de hormigón celular: tras el replanteo de las limas y cumbreras sobre el forjado, se comenzará su ejecución (similar a los tabiques conejeros) colocando la primera hilada de cada tabicón dejando separados los bloques  $\frac{1}{4}$  de su longitud. Las siguientes hiladas se ejecutarán de forma que los huecos dejados entre bloques de cada hilada queden cerrados por la hilada superior.

#### Formación de tableros:

Cualquiera sea el sistema elegido, diseñado y calculado para la formación de las pendientes, se impone la necesidad de configurar el tablero sobre el que ha de recibirse el material de cubrición. Únicamente cuando éste alcanza características relativamente autoportantes y unas dimensiones superficiales mínimas suele no ser necesaria la creación de tablero, en cuyo caso las piezas de cubrición irán directamente ancladas mediante tornillos, clavos o ganchos a las correas o cabios estructurales.

El tablero puede estar constituido, según indicábamos antes, por una hoja de ladrillo, bardos, madera, elementos prefabricados, de paneles o chapas metálicas perforadas, hormigón celular armado, etc. La capa de acabado de los tableros cerámicos será de mortero de cemento u hormigón que actuará como capa de compresión, rellenará las juntas existentes y permitirá dejar una superficie plana de acabado. En ocasiones, dicha capa final se constituirá con mortero de yeso.

Cuando aumente la separación entre tabiques de apoyo, como sucede cuando se trata de bloques de hormigón celular, cabe disponer perfiles en T metálicos, galvanizados o con otro tratamiento protector, a modo de correas, cuya sección y separación vendrán definidas por la documentación de proyecto o, en su caso, las disposiciones del fabricante y sobre los que apoyarán las placas de hormigón celular, de dimensiones especificadas, que conformarán el tablero.



Según el tipo y material de cobertura a ejecutar, puede ser necesario recibir, sobre el tablero, listones de madera u otros elementos para el anclaje de chapas de acero, cobre o zinc, tejas de hormigón, cerámica o pizarra, etc. La disposición de estos elementos se indicará en cada tipo de cobertura de la que formen parte.

## Artículo 19. Aislamientos

### 19.1 Descripción

Son sistemas constructivos y materiales que, debido a sus cualidades, se utilizan en las obras de edificación para conseguir aislamiento térmico, corrección acústica, absorción de radiaciones o amortiguación de vibraciones en cubiertas, terrazas, techos, forjados, muros, cerramientos verticales, cámaras de aire, falsos techos o conducciones, e incluso sustituyendo cámaras de aire y tabiquería interior.

### 19.2 Componentes

Aislantes de poliuretano.

Pueden ser:

- Espuma de poliuretano para proyección “in situ”.
- Planchas de espuma de poliuretano.

Elementos auxiliares.

- Anclajes mecánicos metálicos, para sujetar el aislamiento de paramentos por el exterior.

### 19.3 Condiciones previas

Ejecución o colocación del soporte o base que sostendrá al aislante.

La superficie del soporte deberá encontrarse limpia, seca y libre de polvo, grasas u óxidos. Deberá estar correctamente saneada y preparada, si así procediera, con la adecuada imprimación que asegure una adherencia óptima.

Los salientes y cuerpos extraños del soporte deben eliminarse, y los huecos importantes deben ser rellenados con un material adecuado.

En el aislamiento de forjados bajo el pavimento, se deberá construir todos los tabiques previamente a la colocación del aislamiento, o al menos levantarlos dos hiladas.



En caso de aislamiento por proyección, la humedad del soporte no superará a la indicada por el fabricante como máxima para la correcta adherencia del producto proyectado.

En rehabilitación de cubiertas o muros, se deberán retirar previamente los aislamientos dañados, pues pueden dificultar o perjudicar la ejecución del nuevo aislamiento.

#### 19.4 Ejecución

Se seguirán las instrucciones del fabricante en lo que se refiere a la colocación o proyección del material.

Las placas deberán colocarse solapadas, a tope o a rompejuntas, según el material. Cuando se aisle por proyección, el material se proyectará en pasadas sucesivas de 10 a 15 mm, permitiendo la total espumación de cada capa antes de aplicar la siguiente. Cuando haya interrupciones en el trabajo deberán prepararse las superficies adecuadamente para su reanudación. Durante la proyección se procurará un acabado con textura uniforme, que no requiera el retoque a mano. En aplicaciones exteriores se evitará que la superficie de la espuma pueda acumular agua, mediante la necesaria pendiente.

El aislamiento quedará bien adherido al soporte, manteniendo un aspecto uniforme y sin defectos.

Se deberá garantizar la continuidad del aislamiento, cubriendo toda la superficie a tratar, poniendo especial cuidado en evitar los puentes térmicos.

El material colocado se protegerá contra los impactos, presiones u otras acciones que lo puedan alterar o dañar. También se ha de proteger de la lluvia durante y después de la colocación, evitando una exposición prolongada a la luz solar.

El aislamiento irá protegido con los materiales adecuados para que no se deteriore con el paso del tiempo. El recubrimiento o protección del aislamiento se realizará de forma que éste quede firme y lo haga duradero.

#### 19.5 Control

Durante la ejecución de los trabajos deberán comprobarse, mediante inspección general, los siguientes apartados:



- Estado previo del soporte, el cual deberá estar limpio, ser uniforme y carecer de fisuras o cuerpos salientes.
- Homologación oficial AENOR, en los productos que la tengan.
- Fijación del producto mediante un sistema garantizado por el fabricante que asegure una sujeción uniforme y sin defectos.
- Correcta colocación de las placas solapadas, a tope o a rompejunta, según los casos.
- Ventilación de la cámara de aire, si la hubiera.

### 19.6 Medición

En general, se medirá y valorará el m<sup>2</sup> de superficie ejecutada en verdadera dimensión. En casos especiales, podrá realizarse la medición por unidad de actuación. Siempre estarán incluidos los elementos auxiliares y remates necesarios para el correcto acabado, como adhesivos de fijación, cortes, uniones y colocación.

### 19.7 Mantenimiento

Se deben realizar controles periódicos de conservación y mantenimiento cada 5 años, o antes si se descubriera alguna anomalía, comprobando el estado del aislamiento y, particularmente, si se apreciaran discontinuidades, desprendimientos o daños. En caso de ser preciso algún trabajo de reforma en la impermeabilización, se aprovechará para comprobar el estado de los aislamientos ocultos en las zonas de actuación. De ser observado algún defecto, deberá ser reparado por personal especializado, con materiales análogos a los empleados en la construcción original.

## Artículo 20. Solados

### 20.1. Solados.

El solado debe formar una superficie totalmente plana y horizontal, con perfecta alineación de sus juntas en todas direcciones. Colocando una regla de 2 m de longitud sobre el solado, en cualquier dirección; no deberán aparecer huecos mayores a 5 mm.

Se impedirá el tránsito por los solados hasta transcurridos 4 días como mínimo, y en caso de ser éste indispensable, se tomarán las medidas precisas para que no se perjudique al solado.



Los pavimentos se medirán y abonarán por m<sup>2</sup> de superficie de solado realmente ejecutada.

Los rodapiés y los peldaños de escalera se medirán y abonarán por metro lineal. El precio comprende todos los materiales, mano de obra, operaciones y medios auxiliares necesarios para terminar completamente cada unidad de obra con arreglo a las prescripciones de este pliego.

## Artículo 21. Pintura

### 21.1. Condiciones generales de preparación del soporte.

La superficie que se va a pintar debe estar seca, desengrasada, sin óxido ni polvo, para lo cual se empleará cepillos, sopletes de arena, ácidos y alices cuando sean metales.

Los poros, grietas, desconchados, etc., se llenarán con másticos o empastes para dejar las superficies lisas y uniformes. Se harán con un pigmento mineral y aceite de linaza o barniz y un cuerpo de relleno para las maderas. En los paneles se empleará yeso amasado con agua de cola, y sobre los metales se utilizarán empastes compuestos de 60-70% de pigmento (albayalde), ocre, óxido de hierro, litopón, etc. y cuerpos de relleno (creta, caolín, tiza, espato pesado), 30-40% de barniz copal o ámbar y aceite de maderas.

Los másticos y empastes se emplearán con espátula en forma de masilla; los líquidos con brocha o pincel o con el aerógrafo o pistola de aire comprimido. Los empastes, una vez secos, se pasarán con papel de lija en paredes y se alisarán con piedra pómez, agua y fieltro, sobre metales.

Antes de su ejecución se comprobará la naturaleza de la superficie a revestir, así como su situación interior o exterior y condiciones de exposición al roce o agentes atmosféricos, contenido de humedad y si existen juntas estructurales.

Estarán recibidos y montados todos los elementos que deben ir en el paramento, como cerco de puertas, ventanas, canalizaciones, instalaciones, etc.

Se comprobará que la temperatura ambiente no sea mayor de 28° C ni menor de 6° C.

El soleamiento no incidirá directamente sobre el plano de aplicación.

La superficie de aplicación estará nivelada y lisa.

En tiempo lluvioso se suspenderá la aplicación cuando el paramento no esté protegido.





Al finalizar la jornada de trabajo se protegerán perfectamente los envases y se limpiarán los útiles de trabajo.

## 21.2. Aplicación de la pintura

Las pinturas se podrán dar con pinceles y brocha, con aerógrafo, con pistola, (pulverizando con aire comprimido) o con rodillos.

Las brochas y pinceles serán de pelo de diversos animales, siendo los más corrientes el cerdo o jabalí, marta, tejón y ardilla. Podrán ser redondos o planos, clasificándose por números o por los gramos de pelo que contienen. También pueden ser de nylon.

Los aerógrafos o pistolas constan de un recipiente que contiene la pintura con aire a presión (1-6 atmósferas), el compresor y el pulverizador, con orificio que varía desde 0,2 mm hasta 7 mm, formándose un cono de 2 cm al metro de diámetro.

Dependiendo del tipo de soporte se realizarán una serie de trabajos previos, con objeto de que al realizar la aplicación de la pintura o revestimiento, consigamos una terminación de gran calidad.

Sistemas de preparación en función del tipo de soporte:

- Yesos y cementos así como sus derivados:

Se realizará un lijado de las pequeñas adherencias e imperfecciones. A continuación se aplicará una mano de fondo impregnado los poros de la superficie del soporte. Posteriormente se realizará un plastecido de faltas, repasando las mismas con una mano de fondo. Se aplicará seguidamente el acabado final con un rendimiento no menor del especificado por el fabricante.

- Metales:

Se realizará un raspado de óxidos mediante cepillo, seguido inmediatamente de una limpieza manual esmerada de la superficie.

A continuación se aplicará una mano de imprimación anticorrosiva, con un rendimiento no inferior al especificado por el fabricante.

Pasado el tiempo de secado se aplicarán dos manos de acabado de esmalte, con un rendimiento no menor al especificado por el fabricante.



## 2.3.- CONTROL DE LA OBRA:

### Artículo 22. Control del hormigón

Además de los controles establecidos en anteriores apartados y los que en cada momento dictamine la dirección facultativa de las obras, se realizarán todos los que prescribe la EHE:

- Resistencias característica  $f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$ .
- Consistencia plástica y acero B-500S.

El control de la obra será el indicado en los planos de proyecto.



## **ANEXO 1. EHE INSTRUCCIÓN DE HORMIGÓN ESTRUCTURAL:**

### **1. Características generales**

Ver cuadro en planos de estructura.

### **2. Ensayos de control exigibles al hormigón**

Ver cuadro en planos de estructura.

### **3. Ensayos de control exigibles al acero**

Ver cuadro en planos de estructura.

### **4. Ensayos de control exigibles a los componentes del hormigón**

Ver cuadro en planos de estructura.

### **5. Cemento**

Antes de comenzar el hormigonado o si varían las condiciones de suministro:

Se realizarán los ensayos físicos, mecánicos y químicos previstos en el RC-03.

Durante la marcha de la obra:

Cuando el cemento esté en posesión de un sello o marca de conformidad oficialmente homologado no se realizarán ensayos.

Cuando el cemento carezca de sello o marca de conformidad se comprobará al menos una vez cada 3 meses de obra; como mínimo 3 veces durante la ejecución de la obra; y cuando lo indique el director de obra, se comprobará al menos: pérdida al fuego, residuo insoluble, principio y fin de fraguado, resistencia a compresión y estabilidad de volumen, según RC-03.

### **6. Agua de amasado**

Antes de comenzar la obra si no se tiene antecedentes del agua que vaya a utilizarse, si varían las condiciones de suministro, y cuando lo indique el director de obra se realizarán los ensayos del artículo correspondiente de la EHE.

### **7. Áridos**



Antes de comenzar la obra si no se tienen antecedentes de los mismos, si varían las condiciones de suministro o se vayan a emplear para otras aplicaciones distintas a los ya sancionados por la práctica y siempre que lo indique el director de obra se realizarán los ensayos de identificación mencionados en los artículos correspondientes a las condiciones fisicoquímicas, fisicomecánicas y granulométricas de la EHE.



## **ANEXO 2.- PLIEGO DE CONDICIONES DE PLAN DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO:**

### **1.-LEGISLACION VIGENTE.**

Para la aplicación y la elaboración del Plan de Seguridad y su puesta en obra, se cumplirán las siguientes condiciones:

#### **1.1-Normas Generales**

- Ley de prevención de riesgos laborales. Ley 31/1995 ( B.O.E. 10-11-95)

En la normativa básica sobre prevención de riesgos en el trabajo en base al desarrollo de la correspondiente directiva, los principios de la constitución y el Estatuto de los Trabajadores.

Contiene, operativamente, la base para:

- Servicios de prevención de las empresas.
- Consulta y participación de los trabajadores.
- Responsabilidades y sanciones.
- R.D. 485/1997, de 14 de Abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- R.D. 486/1997, de 14 de Abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los centros de trabajo.
- R.D. 487/1997, de 14 de Abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorso lumbares, para los trabajadores.

- Ordenanza General de Seguridad e higiene en el Trabajo de 9 de Marzo de 1971.

Sigue siendo válido el Título II que comprende los artículos desde el nº13 al nº51.

Los artículos anulados (Comités de Seguridad, Vigilantes de Seguridad y otras obligaciones de los participaciones en obra) quedan sustituidos por la Ley de riesgos laborales 31/1995 (Delegados de Prevención, Art. 35)

En cuanto a disposiciones de tipo técnico, las relacionadas con los capítulos de la obra indicados en la Memoria de este Estudio de Seguridad son las siguientes:

-Directiva 92/57/CEE de 24 de junio (DO: 26/08/92)

Disposiciones mínimas de seguridad y de salud que deben aplicarse en las obras de construcción temporal o móvil.



-RD 1627/1997 de 24 de octubre (BOE: 25/10/97)

Disposiciones mínimas de Seguridad en las obras de construcción Deroga el RD. 555/86 sobre obligatoriedad de inclusión de estudio de seguridad e higiene en proyectos de edificaciones y obras publicas.

-Ley 31/1995 de 8 de noviembre (BOE: 10/11/95)

Prevención de riesgos laborales

Desarrollo de la ley a través de los siguientes disposiciones:

- RD. 39/1997 de 17 de enero ( BOE: 31/01/97)

Reglamento de los servicios de prevención

- RD. 485/1997 de 14 de abril ( BOE: 23/4/97)

Disposiciones mínimas de seguridad en materia de señalización, de seguridad y salud en el trabajo. - RD. 486/97 de 14 abril (BOE: 23/04/97)

Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo

En el capítulo 1 se excluyen las obras de construcción.

Modifica y deroga algunos capítulos de la Ordenanza de Seguridad e Higiene en el trabajo (O. 09/03/1971)

- RD. 487/1997 de 14 de abril ( BOE: 23/04/97)

Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorsolumbares, para los trabajadores.

- RD. 664/1997 de 12 de mayo ( BOE: 24/05/97)

Protección de los trabajadores contra riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo.

- RD. 665/1997 de 12 de mayo ( BOE: 24/05/97)

Protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo.

- RD. 773/1997 de 30 de mayo (BOE: 12/06/97)

Disposiciones mínimas de seguridad y salud, relativas a la utilización por los trabajadores de protección individual.

- RD. 1215/1997 de 18 de julio (BOE: 07/08/97)

Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

Modifica y deroga algunos capítulos de la Ordenanza de Seguridad e Higiene en el trabajo ( O. 09/03/1971)

- O. de 20 de mayo de 1952 ( BOE: 15/06/52)



Reglamento de Seguridad e Higiene del Trabajo en la industria de la construcción

Modificaciones: O. de 10 de septiembre de 1953 ( BOE: 22/12/53)

- O. de 23 de septiembre de 1966 ( BOE: 01/10/66)

Art. 100 a 105 derogados por O. de 20 de enero de 1956.

- O. de 31 de enero de 1940. Andamios: Cap. VII, art. 66º a 74º ( BOE: 03/02/40)

Reglamento general sobre Seguridad e Higiene

- O. de 28 de agosto de 1970. Art. 1º a 4º, 183º a 291º y anexos I y II ( BOE: 05/09/70; 09/09/70)

Ordenanza del trabajo para las industrias de la construcción, vidrio y cerámica

Corrección de errores: BOE: 17/10/70

-O. de 20 de septiembre de 1986 ( BOE: 13/10/86)

Modelo de libro de incidencias correspondiente a las obras en que sea obligatorio el estudio de Seguridad e Higiene.

Corrección de errores: BOE: 31/10/86

- O. de 16 de diciembre de 1987 ( BOE: 29/12/87)

Nuevos modelos para la notificación de accidentes de trabajo e instrucciones para su cumplimiento y tramitación.

-O. de 31 de agosto de 1987 ( BOE: 18/09/87)

Señalización, balizamiento, limpieza y terminación de obras fijas en vías fuera de poblado. -O. de 23 de mayo de 1977 ( BOE: 14/06/81)

Reglamentación de aparatos elevadores para obras

Modificación: O. de 7 de marzo de 1981 ( BOE: 14/03/81)

-O. de 28 de junio de 1988 ( BOE: 07/07/88)

Introducción Técnica Complementaria MIE-AEM 2 del Reglamento de Aparatos de elevación y Manutención referente a gruas-torre desmontables para obras.

Modificación: O. de 16 de abril de 1990 (BOE: 24/04/90)

-O. de 31 de octubre de 1984 ( BOE: 07/11/84)

Reglamento sobre seguridad de los trabajos con riesgo de amianto.

-RD. 1435/92 de 27 de noviembre de 1992 ( BOE: 11/12/92), reformado por RD. 56/1995 de 20 de enero ( BOE: 08/02/95)

Disposiciones de aplicación de la directiva 89/392/CEE, relativa a la aproximación de las legislaciones de los estados miembros sobre maquinas.

-RD. 1495/1986 de 26 de mayo ( BOE: 21/07/86)

Reglamento de seguridad en las maquinas.



- O. de 7 de enero de 1987 ( BOE: 15/01/87)

Normas Complementarias de Reglamento sobre seguridad de los trabajadores con riesgo de amianto.

- RD. 1316/1989 de 27 de octubre ( BOE: 02/11/89)

Protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo.

- O. de 9 de marzo de 1971 ( BOE: 16 i 17/03/71)

Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el trabajo

Corrección de errores: BOE: 06/04/71

Modificación: BOE: 02/11/89

Derogados algunos capítulos por: Ley 31/1995, RD 485/1997, RD 486/1997, RD 664/1997,

RD 665/1997, RD 773/1997, RD 1215/1997

-Resoluciones aprobatorias de Normas Técnicas Reglamentarias para distintos medios de protección personal de trabajadores:

1.- R. de 14 de diciembre de 1974 ( BOE: 30/12/74: N.R. MT-1: Cascos no metálicos

2.- R. de 28 de julio de 1975 (BOE: 01/09/75): N.R. MT-2: Protectores auditivos

3.- R. de 28 de julio de 1975 ( BOE: 02/09/75): N.R. MT-3: Pantallas para soldadores

Modificación: BOE: 24/10/7

4.- R. de 28 de julio de 1975 ( BOE: 03/09/75): N.R. MT-4: Guantes aislantes de electricidad

5.- R. de 28 de julio de 1975 ( BOE: 04/09/75): N.R. MT-5: Calzado de seguridad contra riesgos mecánicos

Modificación: BOE: 27/10/75

6.- R. de 28 de julio de 1975 ( BOE: 05/09/75): N.R. MT-6: Banquetas aislantes de maniobras.

Modificaciones: BOE: 28/10/75. 7.- R. de 28 de julio de 1975 ( BOE: 06/09/75): N.R. MT-7: Equipos de protección personal de vías respiratorias. Normas comunes y adaptadores faciales.

Modificaciones: BOE: 29/10/75

8.- R. de 28 de julio de 1975 ( BOE: 08/09/75): N.R. MT-8: Equipos de protección personal de vías respiratorias: Filtros mecánicos.





Modificación: BOE: 30/10/75

9.- R. de 28 de julio de 1975 ( BOE: 09/09/75): N.R MT-9: Equipos de protección personal de vías respiratorias: Mascarillas autofiltrantes

Modificación: BOE: 31/10/75

10.- R. de 28 de julio de 1975 ( BOE: 10/09/75): N.R. MT-10: Equipos de protección personal de vías respiratorias: filtros químicos y mixtos contra amoníaco

Modificación: BOE: 01/11/75

-Normativa de ámbito local (Ordenanzas municipales)

1.2. Normativas relativas a la organización de los trabajadores.

Artículos 33 al 40 de la Ley de Prevención de riesgos laborales, de 1995 ( BOE: 10/11/95)

1.3. Normas relativas a la ordenación de profesionales de la seguridad e higiene.

Reglamento de los Servicios de Prevención, RD. 39/1997. ( BOE: 31/07/97)

1.4. Normas de la administración local.

Ordenanzas Municipales en cuanto se refiere a la Seguridad, Higiene y Salud en las Obras y que no contraigan lo relativo al RD. 1627/1997

1.5. Reglamentos Técnicos de los elementos auxiliares

1 Reglamento Electrónico de Baja Tensión. B.O.E. 9/10/73 y Normativa Específica Zonal.

2 Reglamento de Aparatos Elevadores para Obras. ( B.O.E. 29/05/1974)

3 Aparatos Elevadores I.T.C.

Orden de 19-12-1985 por la que se aprueba la instrucción técnica complementaria MIE-AEM-

1 del reglamento de aparatos de elevación y manutención referente a los ascensores electromecánicos. (BOE: 11-6-1986) e ITC MIE.2 referente a grúas-torre (BOE: 24-4-1990)

1.6. Normativas derivadas del convenio colectivo provincial.

Las que tengan establecidas en el convenio colectivo provincial

## 2.2. REGIMEN DE RESPONSABILIDADES Y ATRIBUCIONES EN MATERIA DE SEGURIDAD E HIGIENE.



Establecidas las previsiones del ESRRO, el contratista o Constructor principal de la obra quedara obligado a elaborar un Plan de Seguridad y Salud en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen, en función de su propio sistema de ejecución de la obra las previsiones contenidas en estudio citado... Art.- 4.1.

El Plan es, por ello, el documento operativo y que se aplicara de acuerdo con el RD., en la ejecución de esta obra, cumpliendo con los pasos para su aprobación y con los mecanismos instituidos para su control. Además de implantar en obra el Plan de Seguridad y Salud, es de responsabilidad del Contratista o Constructor la ejecución correcta de las medidas preventivas fijadas en el plan de seguridad e higiene... Art. 8º.1.

Las demás responsabilidades y atribuciones dimanar de:

- Incumplimiento del derecho por el empresario
- Incumplimiento del deber por parte de los trabajadores
- Incumplimiento del deber por parte de los profesionales

De acuerdo con el Reglamento de Servicios de Previsión RD. 39/1997, el contratista o constructor dispondrá de técnicos con atribución y responsabilidad para la adopción de medidas de seguridad e higiene en el trabajo.

## 2.3. EMPLEO Y MANTENIMIENTO DE LOS MEDIOS Y EQUIPOS DE PROTECCION.

### 1.- Características de empleo y conservación de maquinarias.

Se cumplirá lo indicado por el Reglamento de Seguridad en las maquinas, RD. 1495/86, sobre todo en lo que se refiere a las instrucciones de uso, y a la instalación y puesta en servicio, inspecciones y revisiones periódicas, y reglas generales de seguridad.

La maquinas incluidas en el Anexo del Reglamento de maquinas y que se provee usar en esta obra son las siguientes:

- Dosificadoras y mezcladoras de áridos.
- Herramientas neumáticas.
- Hormigoneras
- Lijadoras, pulidoras de mármol y terrazo.

### 2.- Características de empleo y conservación de útiles y herramientas.

Tanto en el empleo como la conservación de los útiles y herramientas, el encargado de la obra velara por su correcto empleo y conservación, exigiendo a los trabajadores el



cumplimiento de las especificaciones emitidas por el fabricante para cada útil o herramienta.

El encargado de obra establecerá un sistema de control de los útiles y herramientas a fin y efecto de que se utilicen con las prescripciones de seguridad específicas para cada una de ellas.

Las herramientas y útiles establecidos en las previsiones de este estudio pertenecen al grupo de herramientas y útiles conocidos y con experiencias en su empleo, debiéndose aplicar las normas generales, de carácter práctico y de general conocimiento, vigentes según los criterios generalmente admitidos.

### 3.-Empleo y conservación de equipos preventivos.

Se considerara los dos grupos fundamentales:

#### 1.- Protecciones personales.

Se tendrá preferente atención a los medios de protección personal.

Toda prenda tendrá fijado un periodo de vida útil desechándose a su término. Cuando por cualquier circunstancia, sea de trabajo o mala utilización de una prenda de protección personal o equipo se deteriore, estas se repondrán independientemente de la duración prevista.

Todo elemento de protección personal se ajustara a las normas de homologación del Ministerio de Trabajo y /o Consellería y, en caso que no exista la norma de homologación, la calidad exigida será la adecuada a las prestaciones previstas.

#### 2.-Protecciones colectivas.

El encargado y jefe de obra, son los responsables de velar por la correcta utilización de los elementos de protección colectiva, contando con el asesoramiento y colaboración de los Departamentos de Almacén, Maquinaria, y del propio Servicio de Seguridad de la Empresa Constructora.

Se especificaran algunos datos que habrá que cumplir en esta obra, además de lo indicado en las Normas Oficiales:

#### - Vallas de delimitación y protección en pisos:

Tendrán como mínimo 90 cm. de altura estando contruidos a base de tubos metálicos y con patas que mantengan su estabilidad.

#### - Barandillas:

Las barandillas rodearan el perímetro de cada planta de trabajo, debiendo estar condenado el acceso a las otras plantas por el interior de las escaleras.



- Cables de sujeción de cinturón de seguridad

Los cables y sujeciones previstos tendrán suficiente resistencia para soportar los esfuerzos a que puedan ser sometidos de acuerdo con su función protectora.

- Marquesina de protección para la entrada y salida del personal:

Consistirá en armazón, techumbre de tablón y se colocara en los espacios designados para la entrada del edificio. Para mayor garantía preventiva se vallara la planta baja a excepción de los módulos designados.

- Extintores:

Serán de polvo polivalente, revisándose periódicamente.

- Plataforma de entrada-salida de materiales:

Fabricada toda ella de acero, estará dimensionada tanto en cuanto a soporte de cargas con dimensiones previstas. Dispondrá de barandillas laterales y estará apuntalada por 3 puntales en cada lado con tablón de reparto. Cálculo estructural según acciones a soportar.

#### 2.4.- ORGANOS O COMITES DE SEGURIDAD E HIGIENE.

Según la Ley de riesgos laborales ( Art. 33 al 40), se procederá a:

Designación de Delegados de Provincia de Prevención, por y entre los representantes del personal, con arreglo a:

-De 50 a 100 trabajadores; 2 Delegados de Prevención.

-De 101 a 500 trabajadores; 3 Delegados de Prevención

Comité de Seguridad y Salud. Es el órgano paritario ( Empresarios-trabajadores) para consulta regular. Se constituirá en las empresas o centros de trabajo con 50 o más trabajadores.

-Se reunirá trimestralmente.

-Participará con voz, pero sin voto los delegados sindicales y los responsables técnicos de la Prevención de la Empresa Podrán participar trabajadores o técnicos internos o externos con especial cualificación.



## 2.5.- SERVICIOS DE PREVENCIÓN.

A efectos de aplicación de este Estudio de Seguridad, se cumplirá lo establecido en el Decreto 39/1997, especialmente en los títulos fundamentales.

-Art. 1: La prevención deberá integrarse en el conjunto de actividades y disposiciones.

-Art. 2: La empresa implantará un plan de prevención de riesgos.

-Art. 5: Dar información, formación y participación a los trabajos.

-Art. 8 y 9: Planificación de la actividad preventiva.

-Art. 14 y 15 : Disponer de Servicio de Prevención, para las siguientes especialidades.

1.-Ergonomía.

2.-Higiene industrial.

3.-Seguridad en el trabajo.

4.-Medicina del trabajo.

5.-Psicología

## 2.6.-INSTALACIONES PROVISIONALES DE HIGIENE Y BIENESTAR.

Las instalaciones provisionales de la obra se adaptarán, en lo relativo a elementos, dimensiones características, a lo especificado en los Arts. 39,40,41 y 42 de la Ordenanza General de Seguridad e Higiene y 335,336 y 337 de la Ordenanza Laboral de la Construcción, Vidrio y cerámica.

Se organizará la recogida y la retirada de desperdicios y la basura que el personal de la obra genere en sus instalaciones.

## 2.7.- PREVISIONES DEL CONTRATISTA O CONSTRUCTOR.

El Constructor, para la elaboración del Plan adoptará las siguientes previsiones:

1.Las previsiones técnicas.

Las previsiones técnicas del Estudio son obligatorias por los Reglamentos Oficiales y las Norma de buena construcción en el sentido de nivel mínimo de seguridad. El constructor en cumplimiento de sus atribuciones puede proponer otras alternativas técnicas. Si así fuere, el plan el Plan estará abierto a adaptarlas siempre que se ofrezcan las condiciones de garantía de Prevención y Seguridad orientadas en este Estudio.



## 2. Previsiones económicas.

Si las mejoras o cambios en la técnica, elementos o equipos de prevención se aprueban para el Plan de Seguridad y Salud, estas no podrán presupuestarse fuera del Estudio de Seguridad, a no ser que así lo establezca el contrato de Estudio.

## 3. Certificación de la obra del plan de seguridad.

La percepción por parte del constructor del precio de las partidas de obra del Plan de Seguridad será ordenada a través de certificaciones complementarias a las certificaciones propias de la obra general expendidas en la forma y modo que para ambas se haya establecido en las cláusulas contractuales del Contrato de obra y de acuerdo con las normas que regulan el Plan de Seguridad de la obra.

La Dirección Facultativa, en cumplimiento de sus atribuciones y responsabilidades, ordenará la buena marcha del Plan, tanto en los aspectos de eficiencia y control como en el fin de las liquidaciones económicas hasta su total saldo y finiquito.

## 4. Ordenación de los medios auxiliares de obra.

Los medios auxiliares que pertenecen a la obra básica, permitirán la buena ejecución de los capítulos de obra general y la buena implantación de los capítulos de Seguridad, cumpliendo adecuadamente las funciones de seguridad, especialmente en la entibación de tierras y en el apuntalamiento y sujeción de los encofrados de la estructura de hormigón.

## 5. Previsiones en la implantación de los medios de seguridad.

Los trabajos de montaje, conservación y desmontaje de los sistemas de seguridad, desde el primer replanteo hasta su total evacuación de la obra, ha de disponer de una ordenación de seguridad e higiene que garantice la prevención de los trabajos dedicados a esta especialidad de los primeros montajes de implantación de la obra

Pamplona, a 6 de Septiembre de 2013

Fdo: Jon Cabodevilla Olo

Ingeniero Técnico Industrial Mecánico



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

IMPLANTACIÓN DE SISTEMA AUTOMÁTICO DE  
ALIMENTACIÓN EN EXPLOTACIÓN OVINA

DOCUMENTO N°5: PRESUPUESTO

Alumno: Jon Cabodevilla Olo

Tutor: María Jesús Vilas

Pamplona, Septiembre 2013



## RESUMEN DEL PRESUPUESTO

### NAVE NUEVA

Capítulo	Resumen	Importe €
Cap1	Movimiento de tierras.....	15.044,99
Cap2	Cimentaciones.....	72.755,6
Cap3	Estructura.....	169.591,63
Cap4	Cubierta.....	35.392,99
Cap5	Cerramientos.....	6.285,12
Cap6	Albañilería.....	2.497,43
Cap7	Pinturas.....	23.278,90
Cap8	Seguridad y salud.....	3.898,15
<b>TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL</b>		<b>328.744,14</b>
	8.00 % Gastos Generales.....	26.299,53
	8.00 % Beneficio Industrial.....	26.299,53
<b>TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA</b>		<b>381.343,20</b>
	21.00 % I.V.A .....	80.082,07
<b>TOTAL PRESUPUESTO GLOBAL</b>		<b>461.425,42</b>

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de CUATROCIENTOS SESENTA y UNMIL CUATROCIENTOS VEINTICINCO euros con CUARENTA y DOS céntimos.

Pamplona, a 6 de septiembre de 2013

Fdo: Jon Cabodevilla Olo (Ingeniero Técnico Industrial Mecánico)





## RESUMEN DEL PRESUPUESTO

### MAQUINARIA

Capítulo	Resumen	Importe €
Cap1	Sinfín de elevación.....	4.340,83
Cap2	Sinfín horizontal.....	7.270,16
Cap3	Sinfines de extracción.....	13.910,20
Cap4	Silos.....	23.100,06
Cap5	Picadora de fibra.....	20.532,78
Cap6	Cinta inclinada .....	3.932,60
Cap7	Cinta horizontal.....	15.730,43
Cap8	Motor eléctrico.....	1.971,75
Cap9	Sistema neumático.....	5.310,37
<b>TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL</b>		<b>96.097,93</b>
	8.00 % Gastos Generales.....	7.687,83
	8.00 % Beneficio Industrial.....	7.687,83
<b>TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA</b>		<b>111.473,59</b>
	21.00 % I.V.A.....	23.409,45
<b>TOTAL PRESUPUESTO GLOBAL</b>		<b>134.883,04</b>

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de CIENTO TREINTA y CUATROMIL OCHOCIENTOS OCHENTA y TRES euros con CUATRO céntimos.

Pamplona, a 6 de septiembre de 2013

Fdo: Jon Cabodevilla Ollo (Ingeniero Técnico Industrial Mecánico)



## RESUMEN DEL PRESUPUESTO

### GLOBAL

Capítulo	Resumen	Importe €
Cap1	Nave nueva (obra civil).....	461.425,42
Cap2	Maquinaria.....	134.883,04

**TOTAL PRESUPUESTO GLOBAL 596.308.46**

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de QUINIENTOS NOVENTA y SEISMIL TRESCIENTOS OCHO euros con CUARENTA y SEIS céntimos.

Pamplona, a 6 de septiembre de 2013

Fdo: Jon Cabodevilla Ollo (Ingeniero Técnico Industrial Mecánico)

**Presupuesto y medición**

Código	Ud	Denominación	Medición	Precio	Total
1.1 M1	ud	<p>1 Sinfín de elevación de 160 mm. de diámetro por 13,90 mts. de longitud en tres tramos de (6+6+1,90 mts.).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tubo de acero de 159 mm. de diámetro por 2 mm. de espesor.</li> <li>• Hélice de acero cóncava de 140 mm. de diámetro, 140 mm de paso, 2 mm. de espesor.</li> <li>• Eje , tubo de acero estirado de 35 mm. de diámetro por 3 mm. de espesor</li> <li>• Accionamiento por cabezal completo con carcasa, soporte rodamiento UCF, eje accionamiento, grupo correas/poleas, silla para motor con tensores, boca de salida terminada en brida y protector motor-poleas.</li> <li>• Motor eléctrico trifásico de 7,5c.v. (220/380).</li> <li>• Dos empalmes de eje con bulón atornillado.</li> <li>• Dos empalmes de tubo con faja atornillada de 300 mm.</li> <li>• Apoyo protector en el extremo del sinfín.</li> <li>• Faja regulación de caudal con mando manual.</li> <li>• Apoyo sinfín para evitar pandeo.</li> <li>• Conexión de sinfín a tolvin de carga horizontal.</li> <li>• Tratamiento pintado.</li> </ul> <p>Incluido: Porte, montaje, colocación y prueba.</p>			
		Total ud .....	1,000	4.340,00	4.340,00
1.2 M2	ud	<p>1 Sinfín horizontal para carga de silos de 160 mm. de diámetro por 8,30 mts de longitud en dos tramos de (6+2,30 mts.)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tubo de acero de 159 mm. de diámetro por 2 mm. de espesor.</li> <li>• Hélice de acero cóncava de 140 mm. de diámetro, 140 mm de paso, 2 mm. de espesor.</li> <li>• Eje , tubo de acero estirado de 35 mm. de diámetro por 3 mm. de espesor</li> <li>• Accionamiento por cabezal completo con carcasa, soporte rodamiento UCF, eje accionamiento, grupo correas/poleas, silla para motor con tensores, boca de salida terminada en brida y protector motor-poleas.</li> <li>• Motor eléctrico trifásico de 5,5c.v. (220/380).</li> <li>• Un empalme de eje con bulón atornillado.</li> <li>• Un empalme de tubo con faja atornillada de 300 mm.</li> <li>• Tres conexiones de sinfín a tajadera de cremallera.</li> <li>• Tres tajaderas de cremallera con mando manual a través de polea y cadena.</li> <li>• Una conexión de sinfín al último silo.</li> <li>• Tres conexiones de tajaderas a silos.</li> <li>• Tratamiento pintado</li> </ul> <p>Incluido: Porte, montaje, colocación y prueba.</p>			
		Total ud .....	1,000	7.270,00	7.270,00
1.3 M3	ud	<p>6 Sinfines extractores Modelo IC-130, (de silos a carro mezclador) de 127 mm. de diámetro de las siguientes características:</p> <p>Longitud de los sinfines según plano adjunto:</p> <p>Sinfín N° 1, 7,20 mts.</p> <p>Sinfín N° 2, 7,40 "</p> <p>Sinfín N° 3, 8,42 "</p> <p>Sinfín N° 4, 9,95 "</p> <p>Sinfín N° 5, 8,40 "</p> <p>Sinfín N° 6, 7,40 "</p> <p>Todos los sinfines estarán contruidos en dos tramos. (6 mts. + complemento hasta la medida total de cada sinfín.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tubo de acero de 127 mm. de diámetro por 2 mm. de espesor.</li> <li>• Hélice de acero cóncava de 110 mm. de diámetro, 110 mm de paso, 2 mm. de espesor.</li> <li>• Eje , tubo de acero estirado de 27 mm. de diámetro por 3 mm. de espesor</li> <li>• Accionamiento por cabezal completo con carcasa, soporte rodamiento UCF, eje accionamiento, grupo correas/poleas, silla para motor con tensores, boca de salida terminada en brida y protector motor-poleas.</li> <li>• Motor eléctrico trifásico de 3 c.v. (220/380).</li> <li>• Un empalme por sinfín de eje con bulón atornillado.</li> <li>• Un empalme de tubo por sinfín con faja atornillada de 300 mm.</li> <li>• Prolongador con tubo flexible por sinfin de boca de salida a mezclador.</li> <li>• Un soporte de tubo estructural 80x80x4 para apoyo de sinfines</li> </ul> <p>Incluido: Porte, montaje, colocación y prueba.</p>			
		Total ud .....	1,000	13.910,00	13.910,00

Suma y sigue ...

25.520,00

Código	Ud	Denominación	Medición	Precio	Total
1.4 M4	ud	<b>6 Silos de chapa galvanizada ondulada modelo SGC-2553 de las siguientes características:</b>  Diámetro----- 2,50 mts. Altura silo----- 7,29 " Capacidad----- 23,00 m3 Carga aproximada--- 13.800 kg. Harina (D = 6000 kg./ m3 ) 15.000 kg Cebada (D = 650 kg./ m3 ) 17.200 kg. Maíz (D = 650 kg./ m3 )  <b>Boca de salida de 440 mm. de diámetro, terminada en brida plana perforada para atornillar tolva extractora de sinfín.</b> <b>Incluido: Porte, montaje, colocación y prueba.</b>			
		Total ud .....	1,000	23.100,00	23.100,00
1.5 M5	ud	<b>Molino picador de forraje, con motor eléctrico trifasico de 75 cv, tamaño de fibra picada de 10 cm y 3.5 toneladas por hora de capacidad.</b> <b>Incluido: Porte, montaje, colocación y prueba.</b>			
		Total ud .....	1,000	20.532,78	20.532,78
1.6 M6	ud	<b>Transportadora de banda para cargas semipesadas Ref: TKB-10 de la casa Maskepack (+kepack), características:</b>  - Longitud entre centros de tambores (L) => 1000 a 20.000mm - Ancho de banda (A) => 500 a 1500mm - Diámetro de tambor motriz => 100mm - Diámetro de tambor tensor => 100mm - Motorización => Extrema (en posición vertical u horizontal) - Velocidad => 5 a 100 metros/minuto - Bastidor => Hierro / Inox / Aluminio - Guías laterales => Fijas o regulables - Capacidad de carga máxima => 350 Kg - Pies => Regulables ±50mm. <b>Incluido: Porte, montaje, colocación y prueba.</b>			
		Total ud .....	1,000	3.932,60	3.932,60
1.7 M7	ud	<b>Cinta transportadora de banda textil apollada sobre rodillos, perfil recto y estructura metalica (perfiles de acero conformadao)</b> - Banda de tejido-----500-C-2L-3-1.5-Des 170 UNE 180 25 - Largo de la banda-----80 m - Ancho de la banda-----50 mm - Capacidad de carga necesaria-----3.58 T/h - Potencia motor -----7.5 C.V. <b>Incluido: Porte, montaje, colocación y prueba.</b>			
		Total ud .....	1,000	15.730,43	15.730,43
1.8 M8	ud	<b>Motor eléctrico trifasico ALREN, 1500rpm, soporte tipo B3, 400/690V y potencia de 75KW</b> <b>Marca: ALREN</b> <b>Ref:MEAT4B034075</b> <b>Incluido: Porte, montaje, colocación y prueba.</b>			
		Total ud .....	1,000	1.971,75	1.971,75
1.9 M9	ud	<b>Sistema neumático compuesto por cilindros neumaticos doble efecto (Ref. CDM2D20-300C73CZ),Electroválvula distribuidora 5/2 biestable (Ref.SV1200K-5FU),Placa base Tipo cassette (Ref.SS5V1-16FD1-3BS-C4 -3), Grupo FRL modular Qmax 1500NI/min (Ref.AC25-02-CE-KSTV-2)mas todo los accesorios necesarios para la correcta instalación.</b> <b>Incluido: Porte, montaje, colocación y prueba.</b>			
		Total ud .....	1,000	5.310,37	5.310,37

## Presupuesto de ejecución material

1	Maquinaria .....	96.097,93
	Total:	96.097,93

Asciende el presupuesto de ejecución material a la expresada cantidad de NOVENTA Y SEIS MIL NOVENTA Y SIETE EUROS CON NOVENTA Y TRES CÉNTIMOS.

**Presupuesto y medición**

Código	Ud	Denominación	Medición	Precio	Total
<b>1.1 E02EAM010</b>	<b>m2</b>	<b>Desbroce y limpieza superficial del terreno por medios mecánicos, sin carga ni transporte al vertedero y con p.p. de medios auxiliares.</b>			
	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Subtotal
Parcela					0,000
	1	40,56	29,52		1.197,331
		Total m2 .....		1.197,331	0,33
					395,12
<b>1.2 E02EDM020</b>	<b>m3</b>	<b>Excavación a cielo abierto, en terrenos flojos, por medios mecánicos, con extracción de tierras fuera de la excavación, en vaciados, sin carga ni transporte al vertedero y con p.p. de medios auxiliares.</b>			
	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Subtotal
Parcela					0,000
	1	40,56	29,52	0,38	454,986
		Total m3 .....		454,986	1,63
					741,63
<b>1.3 E02EZM030</b>	<b>m3</b>	<b>Excavación en zanjas, en terrenos compactos, por medios mecánicos, con extracción de tierras a los bordes, sin carga ni transporte al vertedero y con p.p. de medios auxiliares.</b>			
	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Subtotal
Riostras					0,000
	2	3,30	0,40	1,08	2,851
	4	3,25	0,40	0,88	4,576
	4	3,15	0,40	0,88	4,435
	2	3,43	0,40	0,88	2,415
	1	0,55	0,40	0,88	0,194
	1	3,83	0,40	0,88	1,348
	4	3,37	0,40	0,88	4,745
Muros					0,000
	1	11,08	0,40	0,88	3,900
	1	2,16	0,40	0,88	0,760
	1	4,34	0,40	0,88	1,528
		Total m3 .....		26,752	9,32
					249,33
<b>1.4 E02EPM030</b>	<b>m3</b>	<b>Excavación en pozos en terrenos compactos, por medios mecánicos, con extracción de tierras a los bordes, sin carga ni transporte al vertedero, y con p.p. de medios auxiliares.</b>			
	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Subtotal
Zapatas					0,000
	1	3,65	1,85	1,35	9,116
	5	4,55	3,15	1,35	96,744
	1	2,90	1,90	1,00	5,510
	1	2,35	1,55	0,80	2,914
	1	3,90	2,70	1,00	10,530
	2	3,30	2,30	1,35	20,493
	5	4,65	3,25	1,00	75,563
	1	4,55	2,25	1,00	10,238
	3	2,10	2,10	0,55	7,277
Piquera					0,000
	1	3,08	3,00	2,90	26,796
		Total m3 .....		265,181	9,95
					2.638,55
<b>1.5 E02ESA070</b>	<b>m2</b>	<b>Compactación de terrenos a cielo abierto, por medios mecánicos, sin aporte de tierras, incluso regado de los mismos, sin definir grado de compactación mínimo, y con p.p. de medios auxiliares.</b>			
	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Subtotal
Parcela					0,000
	1	40,56	29,52		1.197,331
		Total m2 .....		1.197,331	3,89
					4.657,62
<b>1.6 E02ET020</b>	<b>m3</b>	<b>Transporte de tierras al vertedero, a una distancia menor de 10 km., considerando ida y vuelta, con camión basculante cargado a máquina, canon de vertedero, y con p.p. de medios auxiliares, considerando también la carga.</b>			
	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Subtotal
Vaciado					0,000
	1	18,67	10,00	4,00	746,800
		Total m3 .....		746,800	8,52
					6.362,74

Total presupuesto parcial nº 1 ...

15.044,99



Código	Ud	Denominación	Medición	Precio	Total
<b>2.1 E04RM010</b>	<b>m3</b>	<b>Hormigón de limpieza en masa HM-20/B/20/I, de 20 N/mm2., consistencia blanda, Tmáx. 20 mm., para ambiente normal, elaborado en central en relleno de recalces, incluso vertido por medios manuales, encofrado y desencofrado, vibrado, curado y colocación. Según EHE.</b>			
	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Subtotal
Riostras					0,000
	2	3,30	0,40	0,10	0,264
	4	3,25	0,40	0,10	0,520
	4	3,15	0,40	0,10	0,504
	2	3,43	0,40	0,10	0,274
	1	0,55	0,40	0,10	0,022
	1	3,83	0,40	0,10	0,153
	4	3,38	0,40	0,10	0,541
Muros					0,000
	1	11,08	0,40	0,10	0,443
	1	2,16	0,40	0,10	0,086
Zapatas					0,000
	1	3,65	1,85	0,10	0,675
	5	4,55	3,15	0,10	7,166
	1	2,90	1,90	0,10	0,551
	1	2,35	1,55	0,10	0,364
	1	3,90	2,70	0,10	1,053
	2	3,30	2,30	0,10	1,518
	5	4,65	3,25	0,10	7,556
	1	4,55	2,25	0,10	1,024
	3	2,10	2,10	0,10	1,323
Total m3 .....				24,037	128,64
					3.092,12

<b>2.2 E04CA020</b>	<b>m3</b>	<b>Hormigón armado HA-25/B/20/Ia, de 25 N/mm2., consistencia blanda, Tmáx. 20 mm., para ambiente humedad alta, elaborado en central en relleno de zapatas y zanjas de cimentación, incluso armadura, vertido por medios manuales, vibrado, curado y colocado. Según EHE.</b>			
	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Subtotal
Riostras					0,000
	2	3,30	0,40	0,60	1,584
	4	3,25	0,40	0,40	2,080
	4	3,15	0,40	0,40	2,016
	2	3,43	0,40	0,40	1,098
	1	0,55	0,40	0,40	0,088
	1	3,83	0,40	0,40	0,613
	4	3,38	0,40	0,40	2,163
Muros					0,000
	1	11,08	0,40	0,40	1,773
	1	2,16	0,40	0,40	0,346
	1	4,34	0,40	0,40	0,694
Zapatas					0,000
	1	3,65	1,85	1,25	8,441
	5	4,55	3,15	1,25	89,578
	1	2,90	1,90	0,90	4,959
	1	2,35	1,55	0,70	2,550
	1	3,90	2,70	0,90	9,477
	2	3,30	2,30	1,25	18,975
	5	4,65	3,25	0,90	68,006
	1	4,55	2,25	0,90	9,214
	3	2,10	2,10	0,45	5,954
Total m3 .....				229,609	140,60
					32.283,03

Código	Ud	Denominación	Medición	Precio	Total
<b>2.3 E04MA020</b>	<b>m3</b>	<b>Hormigón armado HA-25/B/20/Ila, de 25 N/mm2., consistencia blanda, Tmáx. 20 mm., para ambiente humedad alta, elaborado en central en muros, incluso armadura, encofrado y desencofrado con tablero aglomerado a dos caras, vertido por medios manuales, vibrado, curado y colocado. Según EHE.</b>			
	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Subtotal
Muros perimetrales					0,000
	1	14,28	0,20	2,38	6,797
	1	12,78	0,20	2,38	6,083
	1	11,00	0,20	2,38	5,236
	1	5,60	0,20	2,38	2,666
	1	33,38	0,20	2,38	15,889
Muros interior					0,000
	1	11,08	0,20	2,38	5,274
	1	2,16	0,20	2,38	1,028
	1	4,34	0,20	2,38	2,066
Total m3 .....				45,039	269,93
					12.157,38
<b>2.4 E04SE020</b>	<b>m2</b>	<b>Encachado de piedra caliza 40/80 de 20 cm. de espesor en sub-base de solera, i/extendido y compactado con pisón.</b>			
	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Subtotal
Parcela					0,000
	1	40,56	29,52		1.197,331
Total m2 .....				1.197,331	4,37
					5.232,34
<b>2.5 E04SA020</b>	<b>m2</b>	<b>Solera de hormigón armado de 18 cm. de espesor, realizada con hormigón HA-25/B/20/Ila, de central, i/vertido, curado, colocación y armado con # 15x15/8, p.p. de juntas, aserrado de las mismas y fratasado.</b>			
	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Subtotal
Parcela					0,000
	1	40,56	29,52		1.197,331
Area piquera (a deducir)					0,000
	-1	4,83	3,94		-19,030
Piquera					0,000
	1	2,03	2,54		5,156
	1	3,25	2,11		6,858
	1	2,15	2,68		5,762
	1	1,41	2,73		3,849
Total m2 .....				1.199,926	16,66
					19.990,77

Código	Ud	Denominación	Medición	Precio	Total
<b>3.1 E05AA010</b>	<b>kg</b>	<b>Acero laminado E 275(A 42b), en perfiles laminados en caliente para vigas, pilares, zunchos y correas, mediante uniones soldadas; i/p.p. de soldaduras, cortes, piezas especiales, despuntes y dos manos de imprimación con pintura de minio de plomo, totalmente montado y colocado.</b>			
	Uds.	Largo	Kg/m	Alto	Subtotal
Nave nueva					0,000
Correa cubierta IPE-180	1	603,72	18,80		11.349,936
Correa fachada UPN-160	1	360,70	18,80		6.781,160
Pilar pórtico HEB 500 (%10 cartela)	1	73,26	187,00		13.699,620
Dintel pórtico HEB 550	1	181,69	199,00		36.156,310
Vigas puertas correderas Heb-160	1	36,35	42,60		1.548,510
Arriostramientos	1	334,76	4,46		1.493,030
Pilar piñón HEB-260	1	33,61	93,00		3.125,730
Oficina					0,000
Correas cubierta IPE-160	1	33,33	15,80		526,614
Pilar pórtico HEB-160	1	14,02	42,60		597,252
Dintel pórtico HEB-160	1	18,79	42,60		800,454
Estructura banda IPE-80	1	137,43	6,00		824,580
Total kg .....			76.903,196	2,15	165.341,87
<b>3.2 E05AC020</b>	<b>kg</b>	<b>Acero E 275(A 42b), en perfiles conformados de tubo rectangular, en cerchas, con uniones soldadas; i/p.p. de despuntes, soldadura, piezas especiales y dos manos de minio de plomo, totalmente montado y colocado.</b>			
	Uds.	Largo	Kg/m	Alto	Subtotal
Nave nueva					0,000
Atado SHS-120 x 5,0	1	63,96	18,00		1.151,280
Oficina					0,000
Atado SHS-90 x 3,0	1	16,35	9,50		155,325
Total kg .....			1.306,605	2,15	2.809,20
<b>3.3 X</b>	<b>ud</b>	<b>Placa de anclaje de acero E 275(A 42b) en perfil plano para atornillar en cimentación, de dimensiones 65x85x30cm. con 6 patillas de redondo corrugado de 32 mm. de diámetro, con longitud total de 1.25 m. roscadas, angulares interiores y plantilla superior., i/taladro central, totalmente colocado. Según normas MV y EHE.</b>			
Total ud .....			6,000	72,32	433,92
<b>3.4 X1</b>	<b>ud</b>	<b>Placa de anclaje de acero E 275(A 42b) en perfil plano para atornillar en cimentación, de dimensiones 75x95x35cm. con 10 patillas de redondo corrugado de 40 mm. de diámetro, con longitud total de 0.9 m. roscadas, angulares interiores y plantilla superior., i/taladro central, totalmente colocado. Según normas MV y EHE.</b>			
Total ud .....			6,000	90,64	543,84
<b>3.5 X2</b>	<b>ud</b>	<b>Placa de anclaje de acero E 275(A 42b) en perfil plano para atornillar en cimentación, de dimensiones 60x60x30cm. con 8 patillas de redondo corrugado de 25 mm. de diámetro, con longitud total de 0.9 m. roscadas, angulares interiores y plantilla superior., i/taladro central, totalmente colocado. Según normas MV y EHE.</b>			
Total ud .....			4,000	69,28	277,12
<b>3.6 X3</b>	<b>ud</b>	<b>Placa de anclaje de acero E 275(A 42b) en perfil plano para atornillar en cimentación, de dimensiones 45x45x18cm. con 4 patillas de redondo corrugado de 20 mm. de diámetro, con longitud total de 0.7 m. roscadas, angulares interiores y plantilla superior., i/taladro central, totalmente colocado. Según normas MV y EHE.</b>			
Total ud .....			1,000	53,17	53,17
Suma y sigue ...					169.459,12

## Presupuesto parcial nº 3 Estructura

Código	Ud	Denominación	Medición	Precio	Total
3.7 X4	ud	Placa de anclaje de acero E 275(A 42b) en perfil plano para atornillar en cimentación, de dimensiones 40x40x15 cm. con 4 patillas de redondo corrugado de 20 mm. de diámetro, con longitud total de 0.45 m. roscadas, angulares interiores y plantilla superior., i/taladro central, totalmente colocado. Según normas MV y EHE.			
		Total ud .....	3,000	44,17	132,51

Código	Ud	Denominación	Medición	Precio	Total
<b>4.1 E07IMP010</b>	<b>m2</b>	<b>Cubierta formada por panel de chapa de acero en perfil comercial, prelacada cara exterior y galvanizada cara interior de 0,6 mm. con núcleo de espuma de poliuretano de 40 kg/m3. con un espesor total de 30 mm., sobre correas metálicas, i/p.p. de solapes, accesorios de fijación, juntas de estanqueidad, medios auxiliares y elementos de seguridad, medida en verdadera magnitud.</b>			
		Total m2 .....	1.047,700	29,97	31.399,57
<b>4.2 E07IFC040</b>	<b>m2</b>	<b>Cubierta de placas de poliéster reforzado con fibra de vidrio traslúcida de perfil mixto alicantino, sobre correas metálicas (sin incluir), i/p.p. de solapes, caballetes, limas, remates, encuentros, accesorios de fijación, juntas de estanqueidad, medios auxiliares y elementos de seguridad, totalmente instalada, medida en verdadera magnitud.</b>			
		Total m2 .....	106,920	24,81	2.652,69
<b>4.3 E07IMS080</b>	<b>m.</b>	<b>Remate de chapa de acero de 0,6 mm. en perfil comercial prelacado por cara exterior. de desarrollo, en cumbre, lima o remate lateral, i/p.p. de solapes accesorios de fijación y juntas de estanqueidad, totalmente instalado, i/medios auxiliares y elementos de seguridad, medido en verdadera magnitud.</b>			
		Total m. ....	115,780	11,58	1.340,73

Código	Ud	Denominación	Medición	Precio	Total
<b>5.1 E07IMS050</b>	<b>m2</b>	<b>Cerramiento en fachada de chapa de acero de 0,6 mm. de espesor en perfil comercial prelacado por cara exterior, sobre correas metálicas, i/p.p. de solapes, accesorios de fijación, juntas de estanqueidad, medios auxiliares y elementos de seguridad, medida en verdadera magnitud.</b>			
	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Subtotal
Fachada este					0,000
	1	33,79		3,85	130,092
	-1	6,10		3,85	-23,485
Fachada oeste					0,000
	1	33,79		6,09	205,781
Fachada piñon sur					0,000
	1	28,00		7,19	201,320
	-1	13,20		5,00	-66,000
	Total m2 .....		447,708	12,59	5.636,64
<b>5.2 E07IMS080</b>	<b>m.</b>	<b>Remate de chapa de acero de 0,6 mm. en perfil comercial prelacado por cara exterior. de desarrollo, en cumbrera, lima o remate lateral, i/p.p. de solapes accesorios de fijación y juntas de estanqueidad, totalmente instalado, i/medios auxiliares y elementos de seguridad, medido en verdadera magnitud.</b>			
	Total m. ....		56,000	11,58	648,48

Código	Ud	Denominación	Medición	Precio	Total
<b>6.1 E06BHV030</b>	<b>m2</b>	<b>Fábrica de bloques huecos de hormigón gris estándar de 40x20x20 cm. colocado a una cara vista, recibidos con mortero de cemento CEM II/B-M 32,5 R y arena de río 1/6, rellenos de hormigón HA-25/B/20/l y armadura según normativa, i/p.p. de formación de dinteles, zunchos, jambas, ejecución de encuentros y piezas especiales, llagueado, roturas, replanteo, nivelación, aplomado, limpieza y medios auxiliares, medida deduciendo superiores a 2 m2.</b>			
	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Subtotal
Cerramiento oficina					0,000
Alzado norte	1	7,93		2,58	20,459
Alzado sur	1	7,49		3,50	26,215
	-1	2,00		2,00	-4,000
Alzado este	1	6,06		4,20	25,452
Alzado oeste	1	6,06		4,20	25,452
	-1	2,00		2,00	-4,000
		Total m2 .....:		89,578	27,88
					2.497,43

## Presupuesto parcial nº 7 Pinturas

Código	Ud	Denominación	Medición	Precio	Total
7.1 P1	m2	Preparación y protección de elementos metálico mediante la aplicación de pintura intumescente de resinas de polimerización especiales hasta conseguir una resistencia al fuego de 30 minutos, con un espesor mínimo de 400 micras. Incluso p/p rascada de óxidos, limpieza superficial y aplicación de una mano de imprimación anticorrosiva sintética dada a brocha o pistola, con un rendimiento no menor del especificado por el fabricante.			
		Total m2 .....	1.724,310	13,50	23.278,19



## Presupuesto de ejecución material

1	Movimiento de tierras .....	15.044,99
2	Cimentaciones .....	72.755,64
3	Estructura .....	169.591,63
4	Cubierta .....	35.392,99
5	Cerramientos .....	6.285,12
6	Albañilería .....	2.497,43
7	Pinturas .....	23.278,19
8	Seguridad y salud .....	3.898,15
Total:		<hr/> 328.744,14

Asciende el presupuesto de ejecución material a la expresada cantidad de TRESCIENTOS VEINTIOCHO MIL SETECIENTOS CUARENTA Y CUATRO EUROS CON CATORCE CÉNTIMOS.